

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特願2003-36969

(P2003-36969A)

(43)公開日 平成15年2月7日 (2003.2.7)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマト ⁸ (参考)
H 05 B 33/02		H 05 B 33/02	3 K 0 7
G 09 F 9/00	3 3 8	C 09 F 9/00	3 3 8 5 C 0 9 4
9/30	3 4 9	9/30	3 4 9 D 5 G 4 3 5
	3 6 5		3 4 9 Z
			3 6 5 Z

審査請求 未請求 請求項の数131 O.L (全 26 頁) 最終頁に統く

(21)出願番号	特願2001-328011(P2001-328011)
(22)出願日	平成13年10月25日 (2001.10.25)
(31)優先権主張番号	特願2000-325303(P2000-325303)
(32)優先日	平成12年10月25日 (2000.10.25)
(33)優先権主張国	日本 (JP)
(31)優先権主張番号	特願2001-146912(P2001-146912)
(32)優先日	平成13年5月16日 (2001.5.16)
(33)優先権主張国	日本 (JP)

(71)出願人	000005821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(72)発明者	杉浦 久則 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内
(72)発明者	佐藤 徹哉 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内
(74)代理人	100101823 弁理士 大前 要

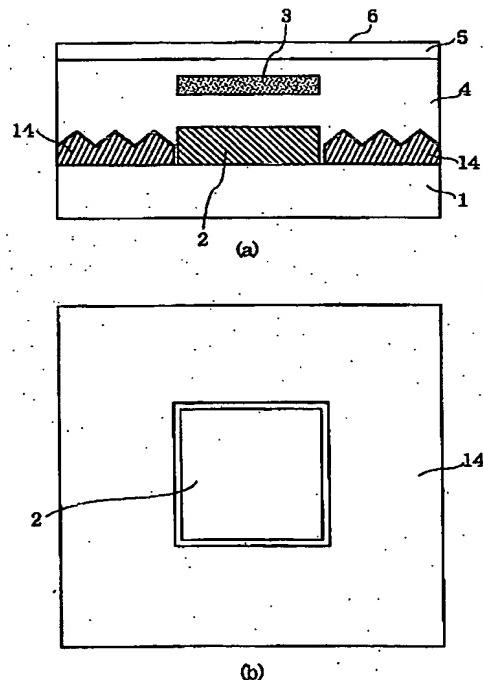
最終頁に統く

(54)【発明の名称】 発光素子、及びそれを用いた表示装置と照明装置

(57)【要約】

【課題】 製造が容易で、かつ、外部への光の取り出し効率が高く、漏れ光による画像のにじみの少ない発光素子、発光素子を用いた表示装置と照明装置の提供をその目的とする。

【解決手段】 少なくとも、発光領域3を有する発光層4と、前記発光領域3で発光した光を反射する反射電極2とを備えた積層構造であり、前記発光領域3と離隔した光取り出し面6より前記発光領域3で発光する光を取り出す発光素子であって、前記反射電極2の一部に、光散乱部が存在していることを特徴とする。



前記反射層と前記境界面との間の距離 t が $500 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする発光素子。

【請求項22】 請求項2に記載の発光素子であって、前記反射層と前記境界面との間の距離 t が $500 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする1つの発光素子。

【請求項23】 請求項3に記載の発光素子であって、前記反射層と前記境界面との間の距離 t が $500 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする発光素子。

【請求項24】 請求項4に記載の発光素子であって、前記反射層と前記境界面との間の距離 t が $500 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする発光素子。

【請求項25】 請求項5に記載の発光素子であって、前記反射層と前記境界面との間の距離 t が $500 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする発光素子。

【請求項26】 発光層と、前記発光層で発光する光を取り出す光取り出し面と、前記発光層と対向するように設けられ前記発光層から発光する光を反射する反射層と、前記発光層から光を取り出す方向に屈折率が大から小に変化する境界面と、少なくとも前記反射層表面、前記境界面に接する部位、又は、前記反射層と前記発光層との間に設けられた光散乱部と、を備えた積層構造を有する発光素子であって、

前記反射層と前記境界面との間の距離を t 、前記発光素子の面内方向の任意の二点間距離のうち最も長い距離を L し、前記境界面における臨界角を θ 、前記発光層の屈折率を n とした場合、下記の式(1)を満たしていることを特徴とする発光素子。

$$t < (n \cos \theta / 2) \times L \quad \dots (1)$$

【請求項27】 請求項26に記載の発光素子であって、前記光散乱部が、前記反射層の表面の凹凸面であることを特徴とする発光素子。

【請求項28】 請求項26に記載の発光素子であって、前記光散乱部が、前記光取り出し面上の凹凸面であることを特徴とする発光素子。

【請求項29】 請求項27に記載の発光素子であって、前記凹凸面を平坦化するための平坦化層が設けられていることを特徴とする発光素子。

【請求項30】 請求項28に記載の発光素子であって、前記凹凸面を平坦化するための平坦化層が設けられていることを特徴とする発光素子。

【請求項31】 請求項29に記載の発光素子であって、前記平坦化層が、ポリマーからなることを特徴とする発光素子。

【請求項32】 請求項30に記載の発光素子であって、

前記平坦化層が、ポリマーからなることを特徴とする発光素子。

【請求項33】 請求項29に記載の発光素子であって、前記平坦化層が、導電性ポリマーからなることを特徴とする発光素子。

【請求項34】 請求項30に記載の発光素子であって、

前記平坦化層が、導電性ポリマーからなることを特徴とする発光素子。

【請求項35】 請求項27から34に記載の発光素子であって、

前記凹凸面の表面粗さの最大値 (R_{max}) が、光のピーク波長の $1/4$ 以上であることを特徴とする発光素子。

【請求項36】 請求項26に記載の発光素子であって、

前記光散乱部は母材とこの母材に分散される添加材とかなり、前記母材と前記添加材との屈折率が異なっていることを特徴とする発光素子。

【請求項37】 請求項36に記載の発光素子であって、

前記添加材は前記母材に均一に分散されていることを特徴とする発光素子。

【請求項38】 請求項36に記載の発光素子であって、

前記添加材は前記母材に不均一に分散されていることを特徴とする発光素子。

【請求項39】 請求項36に記載の発光素子であって、

前記光散乱部は、母材であるITO中に無機物微粒子及び金属微粒子からなる群から選択される一種の添加材が分散された透明な電極層が兼用することを特徴とする発光素子。

【請求項40】 請求項36に記載の発光素子であって、

前記光散乱部は、母材であるポリマー中に無機物微粒子及び金属微粒子からなる群から選択される一種の添加材が分散された光散乱層からなることを特徴とする発光素子。

【請求項41】 請求項26から40に記載の発光素子であって、

基板上に、光反射性の第1の電極層と、発光領域を有する発光層と、透明な第2の電極層とがこの順で設けられていることを特徴とする発光素子。

【請求項42】 請求項26から40に記載の発光素子であって、

基板上に、絶縁反射層と、透明な第1の電極層と、発光領域を有する発光層と、透明な第2の電極層とがこの順で設けられていることを特徴とする発光素子。

【請求項43】 請求項41に記載の発光素子であって、

前記光散乱部が、前記光反射性の第1電極層の表面の凹凸面であることを特徴とする発光素子。

【請求項4 4】 請求項4 2に記載の発光素子であって、

前記光散乱部が、前記絶縁反射層の表面の凹凸面であることを特徴とする発光素子。

【請求項4 5】 少なくとも、発光領域を有する発光層と、前記発光領域で発光した光を反射する反射層とを備えた積層構造であり、前記発光領域と離隔した光取り出し面より前記発光領域で発光する光を取り出す発光素子であって、

前記反射層の一部に、光散乱部が存在していることを特徴とする発光素子。

【請求項4 6】 請求項4 5に記載の発光素子であって、

少なくとも、発光領域を有する発光層と、前記発光領域で発光した光を反射する第1の電極層とを備えた積層構造であり、前記反射層が前記第1の電極層で構成されることを特徴とする発光素子。

【請求項4 7】 請求項4 5に記載の発光素子であって、

前記第1の電極層の一部に非発光面が存在し、この非発光面に前記光散乱部が設けられていることを特徴とする発光素子。

【請求項4 8】 請求項4 5に記載の発光素子であって、

前記反射層が島状又は格子状であることを特徴とする発光素子。

【請求項4 9】 請求項4 8に記載の発光素子であって、

前記反射層が島状である場合に、この島状の反射層が複数存在することを特徴とする発光素子。

【請求項5 0】 請求項4 8に記載の発光素子であって、

前記発光層と前記光取り出し面との間に、発光層から光取り出し面方向に屈折率が大から小に変化する境界面を有する場合に、前記反射層と前記境界面との間の距離をt、前記発光素子の面内方向の任意の二点間距離のうち最も長い距離をL、前記境界面における臨界角をθ、前記発光層の屈折率をnとした場合、下記の式(1)を満たしていることを特徴とする発光素子。

$$t < (n \cos \theta / 2) \times L \quad \dots (1)$$

【請求項5 1】 請求項4 9に記載の発光素子であって、

前記発光層と前記光取り出し面との間に、発光層から光取り出し面方向に屈折率が大から小に変化する境界面を有する場合に、前記反射層と前記境界面との間の距離をt、前記発光素子の面内方向の任意の二点間距離のうち最も長い距離をL、前記境界面における臨界角をθ、前記発光層の屈折率をnとした場合、下記の式(1)を満

たしていることを特徴とする発光素子。

$$t < (n \cos \theta / 2) \times L \quad \dots (1)$$

【請求項5 2】 請求項4 5に記載の発光素子であって、

前記光散乱部が、凹凸面であることを特徴とする発光素子。

【請求項5 3】 請求項4 6に記載の発光素子であって、

前記光散乱部が、凹凸面であることを特徴とする発光素子。

【請求項5 4】 請求項4 7に記載の発光素子であって、

前記光散乱部が、凹凸面であることを特徴とする発光素子。

【請求項5 5】 請求項5 2に記載の発光素子であって、

前記凹凸面の表面粗さの最大値(R_{max})が、光のピーク波長の1/4以上であることを特徴とする発光素子。

【請求項5 6】 請求項5 3に記載の発光素子であって、

前記凹凸面の表面粗さの最大値(R_{max})が、光のピーク波長の1/4以上であることを特徴とする発光素子。

【請求項5 7】 請求項5 4に記載の発光素子であって、

前記凹凸面の表面粗さの最大値(R_{max})が、光のピーク波長の1/4以上であることを特徴とする発光素子。

【請求項5 8】 請求項5 2に記載の発光素子であって、

前記凹凸面を平坦化するための平坦化層が設けられていることを特徴とする発光素子。

【請求項5 9】 請求項5 3に記載の発光素子であって、

前記凹凸面を平坦化するための平坦化層が設けられていることを特徴とする発光素子。

【請求項6 0】 請求項5 4に記載の発光素子であって、

前記凹凸面を平坦化するための平坦化層が設けられていることを特徴とする発光素子。

【請求項6 1】 請求項5 8に記載の発光素子であって、

前記平坦化層が、ポリマーからなることを特徴とする発光素子。

【請求項6 2】 請求項5 9に記載の発光素子であって、

前記平坦化層が、ポリマーからなることを特徴とする発光素子。

【請求項6 3】 請求項6 0に記載の発光素子であって、

前記平坦化層が、ポリマーからなることを特徴とする発光素子。

【請求項64】 請求項58に記載の発光素子であって、前記平坦化層が、導電性ポリマーからなることを特徴とする発光素子。

【請求項65】 請求項59に記載の発光素子であって、前記平坦化層が、導電性ポリマーからなることを特徴とする発光素子。

【請求項66】 請求項60に記載の発光素子であって、前記平坦化層が、導電性ポリマーからなることを特徴とする発光素子。

【請求項67】 少なくとも、発光領域を有する発光層を備えた積層構造であり、前記発光領域と離隔した光取り出し面より前記発光領域で発光する光を取り出す発光素子であって、

前記発光素子中に屈折率が略1の屈折率が略1の層を有し、且つ前記発光領域における前記屈折率が略1の層側の面と前記屈折率が略1の層における前記発光領域側の面との距離が、光のピーク波長の50%以下となるように規制され、更に、前記発光素子中に光散乱部を有することを特徴とする発光素子。

【請求項68】 請求項67に記載の発光素子であって、基板上に、光反射性の第1の電極層と、前記発光領域を有する発光層と、透明な第2の電極層と、前記屈折率が略1の層とがこの順で設けられていることを特徴とする発光素子。

【請求項69】 請求項68に記載の発光素子であって、前記屈折率が略1の層の膜上に保護層が形成されていることを特徴とする発光素子。

【請求項70】 請求項67に記載の発光素子であって、基板上に、反射層と、透明な第1の電極層と、発光領域を有する発光層と、透明な第2の電極層と、前記屈折率が略1の層とがこの順で設けられていることを特徴とする発光素子。

【請求項71】 請求項70に記載の発光素子であって、前記屈折率が略1の層の膜上に保護層が形成されていることを特徴とする発光素子。

【請求項72】 請求項67に記載の発光素子であって、前記発光領域における前記屈折率が略1の層側の面と前記屈折率が略1の層における前記発光領域側の面との距離が、光のピーク波長の30%以下となるように規制されることを特徴とする発光素子。

【請求項73】 請求項67に記載の発光素子であって、

前記発光領域における前記屈折率が略1の層側の面と前記屈折率が略1の層における前記発光領域側の面との距離が、光のピーク波長の20%以下となるように規制されることを特徴とする発光素子。

【請求項74】 請求項67に記載の発光素子であって、

前記発光領域における前記屈折率が略1の層側の面と前記屈折率が略1の層における前記発光領域側の面との距離が、光のピーク波長の10%以下となるように規制されることを特徴とする発光素子。

【請求項75】 請求項67に記載の発光素子であって、

前記反射層と前記境界面との間の距離tが50μm以下であることを特徴とする発光素子。

【請求項76】 請求項67に記載の発光素子であって、

前記光散乱部が、前記反射層の表面の凹凸面であることを特徴とする発光素子。

【請求項77】 請求項67に記載の発光素子であって、

前記光散乱部が、前記光取り出し面上の凹凸面であることを特徴とする発光素子。

【請求項78】 請求項76に記載の発光素子であって、

前記凹凸面を平坦化するための平坦化層が設けられることを特徴とする発光素子。

【請求項79】 請求項77に記載の発光素子であって、

前記凹凸面を平坦化するための平坦化層が設けられることを特徴とする発光素子。

【請求項80】 請求項76から79に記載の発光素子であって、

前記凹凸面の表面粗さの最大値(R_{max})が、光のピーク波長の1/4以上であることを特徴とする発光素子。

【請求項81】 請求項67に記載の発光素子であって、

前記光散乱部は母材とこの母材に分散される添加材とかなり、前記母材と前記添加材との屈折率が異なっていることを特徴とする発光素子。

【請求項82】 少なくとも、発光領域を有する発光層を備えた積層構造であり、前記発光領域と離隔した光取り出し面より前記発光領域で発光する光を取り出す発光素子であって、

前記発光領域における前記光取り出し面側の面と前記光取り出し面との距離が、光のピーク波長の50%以下となるように規制され、且つ、前記発光素子中に光散乱部を有することを特徴とする発光素子。

【請求項83】 請求項82に記載の発光素子であって、

基板上に、光反射性の第1の電極層と、前記発光領域を

有する発光層と、透明な第2の電極層とがこの順で設けられていることを特徴とする発光素子。

【請求項84】 請求項82に記載の発光素子であって、

基板上に、反射層と、透明な第1の電極層と、発光領域を有する発光層と、透明な第2の電極層とがこの順で設けられていることを特徴とする発光素子。

【請求項85】 請求項82から84に記載の発光素子であって、

前記発光領域における前記光取り出し面側の面と前記光取り出し面との距離が、光のピーク波長の30%以下となるように規制されることを特徴とする発光素子。

【請求項86】 請求項82から84に記載の発光素子であって、

前記発光領域における前記光取り出し面側の面と前記光取り出し面との距離が、光のピーク波長の20%以下となるように規制されることを特徴とする発光素子。

【請求項87】 請求項82から84に記載の発光素子であって、

前記発光領域における前記光取り出し面側の面と前記光取り出し面との距離が、光のピーク波長の10%以下となるように規制されることを特徴とする発光素子。

【請求項88】 請求項82から87に記載の発光素子であって、

前記光散乱部が、前記反射層の表面の凹凸面であることを特徴とする発光素子。

【請求項89】 請求項82から87に記載の発光素子であって、

前記光散乱部が、前記光取り出し面上の凹凸面であることを特徴とする発光素子。

【請求項90】 請求項88に記載の発光素子であって、

前記凹凸面を平坦化するための平坦化層が設けられることを特徴とする発光素子。

【請求項91】 請求項89に記載の発光素子であって、

前記凹凸面を平坦化するための平坦化層が設けられることを特徴とする発光素子。

【請求項92】 請求項88から91に記載の発光素子であって、

前記凹凸面の表面粗さの最大値(R_{max})が、光のピーク波長の $1/4$ 以上であることを特徴とする発光素子。

【請求項93】 請求項82に記載の発光素子であって、

前記光散乱部は母材とこの母材に分散される添加材とかなり、前記母材と前記添加材との屈折率が異なっていることを特徴とする発光素子。

【請求項94】 少なくとも、発光領域を有する発光層を備えた積層構造であり、前記発光領域と離隔した光取り出し面より前記発光領域で発光する光を取り出す発光

素子であって、

前記発光素子中に屈折率が略1の屈折率が略1の層を有し、且つ前記発光領域における前記屈折率が略1の層側の面と前記屈折率が略1の層における前記発光領域側の面との距離が、光のピーク波長の50%以下となるように規制され、更に、前記積層構造中に前記発光領域で発光した光を反射する反射層を有し、この反射層の一部に光散乱部が存在していることを特徴とする発光素子。

【請求項95】 請求項94に記載の発光素子であって、

基板上に、光反射性の第1の電極層と、前記発光領域を有する発光層と、透明な第2の電極層と、前記屈折率が略1の層とがこの順で設けられていることを特徴とする発光素子。

【請求項96】 請求項95に記載の発光素子であって、

前記屈折率が略1の層の膜上に保護層が形成されていることを特徴とする発光素子。

【請求項97】 請求項94に記載の発光素子であって、

基板上に、反射層と、透明な第1の電極層と、発光領域を有する発光層と、透明な第2の電極層と、前記屈折率が略1の層とがこの順で設けられていることを特徴とする発光素子。

【請求項98】 請求項97に記載の発光素子であって、

前記屈折率が略1の層の膜上に保護層が形成されていることを特徴とする発光素子。

【請求項99】 請求項94から98に記載の発光素子であって、

前記発光領域における前記屈折率が略1の層側の面と前記屈折率が略1の層における前記発光領域側の面との距離が、光のピーク波長の30%以下となるように規制されることを特徴とする発光素子。

【請求項100】 請求項94から98に記載の発光素子であって、

前記発光領域における前記屈折率が略1の層側の面と前記屈折率が略1の層における前記発光領域側の面との距離が、光のピーク波長の20%以下となるように規制されることを特徴とする発光素子。

【請求項101】 請求項94から98に記載の発光素子であって、

前記発光領域における前記屈折率が略1の層側の面と前記屈折率が略1の層における前記発光領域側の面との距離が、光のピーク波長の10%以下となるように規制されることを特徴とする発光素子。

【請求項102】 請求項94から101に記載の発光素子であって、

前記反射層と前記境界面との間の距離 t が $500\mu m$ 以下であることを特徴とする発光素子。

【請求項103】 請求項94に記載の発光素子であって、少なくとも、発光領域を有する発光層と、前記発光領域で発光した光を反射する第1の電極層とを備えた積層構造であり、前記反射層が前記第1の電極層で構成されることを特徴とする発光素子。

【請求項104】 請求項103に記載の発光素子であって、前記第1の電極層の一部に非発光面が存在し、この非発光面に前記光散乱部が設けられていることを特徴とする発光素子。

【請求項105】 請求項103に記載の発光素子であって、前記反射層が島状又は格子状であることを特徴とする発光素子。

【請求項106】 請求項105に記載の発光素子であって、前記反射層が島状である場合に、この島状の反射層が複数存在することを特徴とする発光素子。

【請求項107】 請求項104に記載の発光素子であって、前記光散乱部が、凹凸面であることを特徴とする発光素子。

【請求項108】 請求項107に記載の発光素子であって、前記凹凸面の表面粗さの最大値 (R_{max}) が、光のピーク波長の $1/4$ 以上であることを特徴とする発光素子。

【請求項109】 請求項107又は108に記載の発光素子であって、前記凹凸面を平坦化するための平坦化層が設けられることを特徴とする発光素子。

【請求項110】 少なくとも、発光領域を有する発光層を備えた積層構造であり、前記発光領域と離隔した光取り出し面より前記発光領域で発光する光を取り出す発光素子であって、

前記発光領域における前記光取り出し面側の面と前記光取り出し面との距離が、光のピーク波長の 50% 以下となるように規制され、且つ、前記積層構造中に前記発光領域で発光した光を反射する反射層を有し、この反射層の一部に光散乱部が存在していることを特徴とする発光素子。

【請求項111】 請求項110に記載の発光素子であって、基板上に、光反射性の第1の電極層と、前記発光領域を有する発光層と、透明な第2の電極層とがこの順で設けられていることを特徴とする発光素子。

【請求項112】 請求項110に記載の発光素子であって、基板上に、反射層と、透明な第1の電極層と、発光領域を有する発光層と、透明な第2の電極層と、前記屈折率

が略1の層とがこの順で設けられていることを特徴とする発光素子。

【請求項113】 請求項110から112に記載の発光素子であって、前記発光領域における前記光取り出し面側の面と前記光取り出し面との距離が、光のピーク波長の 30% 以下となるように規制されることを特徴とする発光素子。

【請求項114】 請求項110から112に記載の発光素子であって、

前記発光領域における前記光取り出し面側の面と前記光取り出し面との距離が、光のピーク波長の 20% 以下となるように規制されることを特徴とする発光素子。

【請求項115】 請求項110から112に記載の発光素子であって、

前記発光領域における前記光取り出し面側の面と前記光取り出し面との距離が、光のピーク波長の 10% 以下となるように規制されることを特徴とする発光素子。

【請求項116】 請求項110から115に記載の発光素子であって、

前記反射層と前記境界面との間の距離 τ が $50.0 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする発光素子。

【請求項117】 請求項110から116に記載の発光素子であって、

少なくとも、発光領域を有する発光層と、前記発光領域で発光した光を反射する第1の電極層とを備えた積層構造であり、前記反射層が前記第1の電極層で構成されることを特徴とする発光素子。

【請求項118】 請求項110に記載の発光素子であって、

前記第1の電極層の一部に非発光面が存在し、この非発光面に前記光散乱部が設けられていることを特徴とする発光素子。

【請求項119】 請求項110に記載の発光素子であって、

前記反射層が島状又は格子状であることを特徴とする発光素子。

【請求項120】 請求項119に記載の発光素子であって、

前記反射層が島状である場合に、この島状の反射層が複数存在することを特徴とする発光素子。

【請求項121】 請求項110に記載の発光素子であって、

前記光散乱部が、凹凸面であることを特徴とする発光素子。

【請求項122】 請求項121に記載の発光素子であって、

前記凹凸面の表面粗さの最大値 (R_{max}) が、光のピーク波長の $1/4$ 以上であることを特徴とする発光素子。

【請求項123】 請求項121又は122に記載の発光素子であって、

前記凹凸面を平坦化するための平坦化層が設けられていることを特徴とする発光素子。

【請求項124】 請求項1から25に記載の発光素子であって、

前記屈折率が略1の層としてエアロゲル層を用いたことを特徴とする発光素子。

【請求項125】 請求項67から81に記載の発光素子であって、

前記屈折率が略1の層としてエアロゲル層を用いたことを特徴とする発光素子。

【請求項126】 請求項94から109に記載の発光素子であって、

前記屈折率が略1の層としてエアロゲル層を用いたことを特徴とする発光素子。

【請求項127】 請求項26に記載の発光素子であって、

前記境界面の膜上に屈折率が略1の層が形成され、この屈折率が略1の層の露出表面が前記光取り出し面となることを特徴とする発光素子。

【請求項128】 請求項127に記載の発光素子であって、

前記屈折率が略1の層の膜上に保護層が形成され、この保護層の露出表面が前記光取り出し面となることを特徴とする発光素子。

【請求項129】 請求項26に記載の発光素子であって、

前記境界面の膜上に別途の層が存在せず、前記境界面が前記光取り出し面となることを特徴とする発光素子。

【請求項130】 請求項1～129に記載の発光素子を用いたことを特徴とする表示装置。

【請求項131】 請求項1～129に記載の発光素子を用いたことを特徴とする表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、自発光型の発光素子、及びそれを用いた発光素子付き基板、並びに表示装置と照明装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】エレクトロルミネッセンス(EL)素子、発光ダイオード等の電場発光素子は、自発光のため視認性が高く薄型化が可能なため、バックライト等の照明装置、平板状ディスプレイ等の表示素子として注目を集めている。なかでも、有機化合物を発光体とする有機EL素子は、低電圧駆動が可能であること、大面积化が容易なこと、適当な色素を選ぶことにより、所望の発光色を容易に得られること等の特徴を有し、次世代ディスプレイとして活発に開発が行われている。

【0003】有機発光体を用いたEL素子としては、例えば厚み1μm以下のアントラセン蒸着膜に30Vの電圧を印加することにより、青色発光が得られている(Thi

n Solid Films, 94(1982) 171)。しかし、この素子は高電圧を印加しても十分な輝度が得られず、さらに発光効率を向上する必要があった。

【0004】これに対し、Tangらは透明電極(陽極)、正孔輸送材料層、電子輸送性発光材料層、仕事関数の低い金属を用いた陰極を積層することにより、発光効率の向上を図り、10V以下の印加電圧で、1000cd/m²の輝度を実現した(Appl.Phys.Lett., 51(1987)913)。

【0005】さらに、正孔輸送材料層と電子輸送材料層とで発光材料層を挟み込んだ3層構造の素子(Jpn.J.Appl.Phys., 27(1988)L269)や、発光層にドーピングされた色素からの発光を得る素子(J.Appl.Phys., 65(1989)3610)が報告されている。

【0006】従来の有機EL素子の一般的な構成の断面図を図26に示す。図において、71は例えばガラス、プラスチック等からなる透明基板、72は例えばインジウムティンオキサイド(ITO)からなる透明な陽極、73は例えばN,N'-ジフェニル-N,N'-ビス(3-メチルフェニル)-1,1'-ビフェニル-4,4'-ジアミン(TPD)からなる正孔輸送材料層、74は例えばトリス(8-キノリノラト)アルミニウム(A1q₃)からなる電子輸送性発光材料層、75は例えばAlLi合金からなる陰極である。そして、76は発光層である。この素子に、図に示す方向に電圧を印加すると、陽極72から正孔が正孔輸送材料層73に注入され、陰極75から電子が電子輸送性発光材料層74に注入される。陽極72から注入された正孔は正孔輸送材料層73中を通過して、さらに電子輸送性発光材料層74に注入される。そして、電子輸送性発光材料層74中で、正孔と電子が再結合し、これによって励起されたA1q₃分子からの発光が得られる。

【0007】ITOからなる透明な陽極は、通常、スパッタ法あるいは電子ビーム蒸着法等により形成され、TPD、A1q₃等の有機物からなる正孔輸送材料層や電子輸送性発光材料層、AlLi合金等からなる陰極は、通常、抵抗加熱蒸着法により形成される。

【0008】前記有機EL素子以外の発光素子としては、無機EL素子がある。無機EL素子の一般的な構成の断面図を図27に示す。図において、81は例えばガラスからなる透明基板、82は例えばITOからなる透明電極、83は例えばTa₂O₅からなる第1絶縁材料層、84は例えばMnをドープしたZnSからなる発光材料層、85は例えばTa₂O₅からなる第2絶縁材料層、86は例えばAlからなる背面電極である。そして、87は発光層である。この素子の両電極に交流電界を印加すると、絶縁材料層と発光材料層の界面から出た電子が加速されて、発光中心であるMnを衝突励起し、これが基底状態に戻る際に発光する。

【0009】これら発光素子の発光効率を制限している

要因として、発光層で発光した光の外部へ取り出し効率（外部取り出し効率）がある。例えば、図28に示すように、陽極92と陰極95に電圧が印加されて電子輸送性発光材料層94で発生した光のうち臨界角以上の光は、正孔輸送材料層93と透明電極92との界面、透明電極92と透明基板91との界面、あるいは透明基板91と空気との界面（光取り出し面）で全反射するので、外部に取り出すことができない。外部取り出し効率は、発光材料層の屈折率をnとすると、 $1/(2n^2)$ で表される(Adv.Mater.6(1994)p491)。一般的な有機EL素子の場合、発光材料層の屈折率が約1.6で、外部取り出し効率は約20%となる。また、無機EL素子において、発光材料層として屈折率約2.3のZnSを用いた場合、外部取り出し効率は約10%である。従って、たとえ内部量子効率（注入された電荷の光への変換効率）が100%であったとしても、外部取り出し効率による制限のため、外部量子効率は10%～20%程度となってしまう。

【0010】外部取り出し効率を向上するため、様々な手法が検討されてきた。例えば、（1）基板の端面に光反射膜を形成する方法（特開昭61-195588号公報等参照）、（2）レンズ等の集光性を有する基板を用いる方法（特許第2670572号公報、特開平4-192290号公報、特許第2773720号公報、特開平10-172756号公報、特開平10-223367号公報等参照）、（3）発光層あるいは基板をメサ形状とする方法（特開平4-306589号公報、Opt.Lett.vol.27, No.6(1997)p396等参照）等が提案されている。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】前記（1）の方法は、基板端面に光反射膜を設けたことにより、主に基板中を伝播して基板端面から分散してしまう光を光取り出し面へ集光させるものである。しかし、例えば微小な発光素子をマトリクス状に並べたいわゆるドットマトリクスディスプレイ等の場合、単位画素に対応する発光素子ごとに前記のような反射膜を形成することは非常に困難である。

【0012】また、前記（2）の方法において、基板の光取り出し側をレンズ形状にした場合、前記したようなドットマトリクスディスプレイで、たとえ発光素子とレンズが1対1となるように配置されていたとしても、1つの微小な発光素子から発せられた光は等方的に放射されるため、ある程度の厚みを持った基板を通過して、光取り出し側に到達した光のうちの大部分が隣接画素側のレンズに入射してしまう。従って、目的とする発光素子の効率向上に対する効果が少ない上、画像のにじみが生じてしまうという問題がある。この問題を解決するため、レンズを基板中に埋め込む等して、発光領域とレンズをなるべく近づける方法が提案されている（特開平1

0-172756号公報）。この方法では前記したような画像のにじみ等は抑えられるが、製造が困難であるという問題がある。

【0013】また、前記（3）の方法は、基板の加工が困難であるという問題を有する。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は、このような事情に鑑みなされたものであり、製造が容易で、かつ、外部への光の取り出し効率が高い発光素子の提供をその目的とする。また、漏れ光による画像のにじみの少ない発光素子付き基板の提供をその目的とする。さらに、このような発光素子、発光素子付き基板を用いた表示装置と照明装置の提供をその目的とする。

【0015】本発明者らは、前記目的を達成するため銳意検討を行った結果、光が閉じ込められる層の厚みに着目して発光層の発光領域と光取り出し面とを全反射しない程度にまで近づけると共に屈折率が略1の層を設けるか（第1の態様）、光散乱部を設けて光取り出し面への入射角を変えるか（第2の態様）、光散乱部を設けると共に幾何光学的な光路を検討するか（第3の態様）、第1の態様の構成と第2の態様の構成の一部とを組み合わせるか（第4の態様）、又は、第1の態様の構成と第3の態様の構成とを組み合わせるかすれば（第5の態様）、従来は発光層、透明電極あるいは透明基板中に閉じこめられて外部には取り出せなかった光を取り出すことができ、外部取り出し効率の向上による高発光効率を実現するに至った。同時に、高品位の表示装置および照明装置を提供可能とするに至った。

【0016】〔発光素子〕

（第1の態様）第1の態様に係る第1の発光素子は、少なくとも、発光領域を有する発光層を備えた積層構造である発光素子であって、前記発光素子中に屈折率が略1の屈折率が略1の層を有し、且つ前記発光領域における前記屈折率が略1の層側の面と前記屈折率が略1の層における前記発光領域側の面との距離が、光のピーク波長の50%以下となるように規制されることを特徴とする。

【0017】上記構成であれば、発光領域における屈折率が略1の層側の面と屈折率が略1の層における発光領域側の面との距離が非常に短いので、スネルの法則等が成立しない。そのため、全反射により発光素子内に閉じ込められて外部に取り出せなかった光を取り出すことが可能となる。よって、外部取り出し効率が向上し、その結果として発光効率が高い発光素子を提供できる。また、このような発光素子は、各層の厚みに着目して発光領域と光取り出し面とが近くなるよう各層を薄くすればよいので、製造が容易である。さらに、この発光素子は、各層が非常に薄いので、表示装置や照明装置の薄型化に寄与するという利点もある。

【0018】ここで、本発明において発光領域とは、電

圧を印加した場合に実際に発光する領域をいう。そして、発光領域における屈折率が略1の層側の面と屈折率が略1の層における発光領域側の面との距離が特定の距離（光学距離）以下となつていれば、その部分で発光した光についてスネルの法則等が成立せず、従来取り出せなかつた光を取り出すことができる。尚、屈折率が略1の層を設けるのは、後述の保護層を透明電極層（後述の第2の電極層）上に直接形成すると、発光領域と外部との距離が大きくなつて、全反射する光量が多くなるが、屈折率が空気（屈折率：1）と略同じとなるような屈折率が略1の層を保護層と透明電極層との間に介在させていれば、上記の欠点が解消できるからである。

【0019】また、基板上に、光反射性の第1の電極層と、前記発光領域を有する発光層と、透明な第2の電極層と、前記屈折率が略1の層とがこの順で設けることができる。上記構成のように、基板上に、反射電極、発光層、透明電極の順で積層された発光素子であつても、前記と同様に、外部取り出し効率が高くなる。また、基板と反対側から光を取り出すため、厚みの大きい基板中を光が伝播してしまうといったことがない。

【0020】更に、前記屈折率が略1の層の膜上に保護層を形成することができる。

【0021】このように屈折率が略1の層の膜上に保護層を形成すると、外部取り出し効率が低下するのを防止しつつ、発光素子が十分に保護され、機械的強度が大きくなる。

【0022】また、基板上に、反射層と、透明な第1の電極層と、発光領域を有する発光層と、透明な第2の電極層と、前記屈折率が略1の層とがこの順で設けることができる。

【0023】更に、屈折率が略1の層の膜上に保護層を形成することができる。

【0024】また、前記発光領域における前記屈折率が略1の層側の面と前記屈折率が略1の層における前記発光領域側の面との距離が、光のピーク波長の30%以下、望ましくは20%以下、特に望ましくは10%以下になるように規制する。

【0025】このよう構成であれば、外部取り出し効率がより一層高くなる。

【0026】また、前記反射層と前記境界面との間の距離 t を $500\mu m$ 以下に規制することができる。

【0027】このよう構成とすれば、前記と同様に、外部取り出し効率が高くなる。また、基板と反対側から光を取り出すため、厚みの大きい基板中を光が伝播してしまうといったことがない。

【0028】尚、基板側から光を取り出す場合には、基板上に屈折率が略1の層、 SiO_2 からなる下地層と、透明な第1の電極層と、発光領域を有する発光層と、反射型の電極である第2電極層とを設けるような構成とした場合には、 SiO_2 からなる下地層の分だけ、発光領

域における屈折率が略1の層側の面と屈折率が略1の層における発光領域側の面との距離が長くなるので、このような構造とするのは望ましくない。

【0029】また、屈折率が略1の層としてはエアロゲル層が例示される。このことは、以下の形態においても同様である。

【0030】（第2の態様）本態様は、光散乱部を設けて光取り出し面への入射角を変えることにより外部取り出し効率の改善を図ると共に、幾何光学的な見地から漏れ光による画像にじみ等が抑制するものであり、具体的には以下のとおりである。

【0031】第2の態様に係る発光素子は、発光層と、前記発光層で発光する光を取り出す光取り出し面と、前記発光層と対向するように設けられ前記発光層から発光する光を反射する反射層と、前記発光層から光を取り出す方向に屈折率が大から小に変化する境界面と、少なくとも前記反射層表面、前記境界面に接する部位、又は、前記反射層と前記発光層との間に設けられた光散乱部と、を備えた積層構造を有する発光素子であつて、前記反射層と前記境界面との間の距離を t 、前記発光素子の面内方向の任意の二点間距離のうち最も長い距離を L 、前記境界面における臨界角を θ 、前記発光層の屈折率を n とした場合、下記の式（1）を満たしていることを特徴とする発光素子。

【0032】

$$t < (n \cos \theta / 2) \times L \quad \dots (1)$$

前記発光領域で発光した光は、全方位的に出射した後、光取り出し面への入射角に応じて、外部へ取り出されるか、あるいは光取り出し面で反射して内部に閉じ込められることになる。すなわち、前記入射角が臨界角未満である光は外部へ取り出され、臨界角以上の光は全反射して内部に閉じ込められることになる。しかし、上記構成の発光素子では、素子内部に光散乱部を有しているので、閉じ込められた光を素子内部で散乱でき、その結果として光取り出し面への入射角を変えることができる。よって、その入射角が臨界角未満であれば外部へ取り出せるので、従来よりも外部取り出し効率が高まる。

【0033】加えて、前記式（1）を満たす発光素子付き基板であれば、1の発光素子の発光領域で発光した光の大部分がその発光素子の光取り出し面から外部へ光が取り出され、隣接する他の発光素子の光取り出し面から光が取り出されるのが抑えられる。その結果、漏れ光による画像にじみ等が抑制された表示装置や照明装置を提供できる。

【0034】前記発光素子において、前記光散乱部は、前記反射層の表面の凹凸面とすることができる。また、前記前記光散乱部は、前記光反射性の第1電極層の表面の凹凸面とすることができる。また、前記光散乱部は、絶縁反射層の表面の凹凸面とすることができる。また、前記発光素子において、前記光散乱部は、前記光取り出

し面の凹凸面とすることができます。このように光散乱部が凹凸面であれば、容易に光を散乱させることができます。前記凹凸面の表面粗さの最大値 (R_{max}) は、光のピーク波長の $1/4$ 以上であることが好ましい。そして、これら凹凸面に、凹凸面を平坦化するための平坦化層を設けた構成とすることができます。前記平坦化層は、ポリマーからなる構成とすることができます。また、前記平坦化層は、導電性ポリマーからなる構成とすることができます。

【0035】また、前記光散乱部は母材とこの母材に分散される添加材とからなり、前記母材と前記添加材との屈折率が異なっているような構成でも良い。前記分散は均一に分散されていてもよく、不均一に分散されていても良い。また、前記光散乱部は、母材であるITO中に無機物微粒子及び金属微粒子からなる群から選択される一種の添加材が分散された透明な第2の電極層が兼用してもよく、更に、母材であるポリマー中に無機物微粒子及び金属微粒子からなる群から選択される一種の添加材が分散された光散乱層を別途形成してもよい。

【0036】また、光散乱部は、反射層表面、前記境界面に接する部位、又は、前記反射層と前記発光層との間に設けることができる。

【0037】また、境界面の膜上に屈折率が略1の層を形成してもよく、この場合には、屈折率が略1の層の露出表面が光取り出し面となる。更に、前記屈折率が略1の層の膜上に保護層を形成してもよく、この場合には、保護層の露出表面が光取り出し面となる。

【0038】また、境界面の膜上に別途の層を設けず、境界面が光取り出し面となるような構成としてもよい。

【0039】(第3の態様) 本態様は、反射層の一部に、光散乱部を設けることにより主に外部への取り出し効率のさらなる改善を図るものであり、具体的には以下のとおりである。

【0040】少なくとも、発光領域を有する発光層と、前記発光領域で発光した光を反射する反射層とを備えた積層構造であり、前記発光領域と離隔した光取り出し面より前記発光領域で発光する光を取り出す発光素子であって、前記反射層の一部に、光散乱部が存在していることを特徴とする。

【0041】前記発光領域で発光した光は、全方位的に出射した後、光取り出し面への入射角に応じて、外部へ取り出されるか、あるいは光取り出し面で反射して内部に閉じ込められることになる。すなわち、前記入射角が臨界角未満である光は外部へ取り出され、臨界角以上の光は全反射して内部に閉じ込められることになる。しかし、上記構成の発光素子は、素子内部に光散乱部を有しているので、閉じ込められた光を素子内部で散乱でき、その結果として光取り出し面への入射角を変えることができる。よって、その入射角が臨界角未満であれば外部

へ取り出せるので、従来よりも外部取り出し効率が高まる。

【0042】また、少なくとも、発光領域を有する発光層と、前記発光領域で発光した光を反射する第1の電極層とを備えた積層構造であり、前記反射層が前記第1の電極層で構成することができる。

【0043】また、前記第1の電極層の一部に非発光面が存在し、この非発光面に前記光散乱部が設けらることもできる。

【0044】また、前記反射層が島状又は格子状とすれば、その分だけ電極層の相対面積が少なくなるので、電力消費量を低減することができる。

【0045】また、特に、島状であることが望ましい。

【0046】なぜなら、反射層が島状であると、その形状に対応した発光領域で発光した光を効果的に取り出すことが可能となる。すなわち、面内方向の全てに反射層が形成された発光素子であると、例えば隣接する発光素子の光取り出し面から光が取り出される場合があるが、島状の反射層であると、目的とする光取り出し面から光が多く取り出せるので、目的とする光取り出し面の外部取り出し効率が向上する。また、島状の反射層と同一の面内に光散乱部が存在しているので、薄型化が可能となるからである。

【0047】また、前記反射層が島状である場合に、この島状の反射層が複数存在させることもできる。

【0048】また、前記発光層と前記光取り出し面との間に、発光層から光取り出し面方向に屈折率が大から小に変化する境界面を有する場合に、前記反射層と前記境界面との間の距離を t 、前記発光素子の面内方向の任意の二点間距離のうち最も長い距離を L 、前記境界面における臨界角を θ 、前記発光層の屈折率を n とした場合、下記の式(1)を満たすような構成としてもよい。

【0049】

$$t < (n \cos \theta / 2) \times L \quad \dots \quad (1)$$

このような構成であれば、前記の如く、漏れ光による画像にじみ等が抑制される。

【0050】また、前記発光素子において、前記光散乱部は、前記反射層の表面の凹凸面とすることができます。また、前記前記光散乱部は、前記光反射性の第1電極層の表面の凹凸面とすることができます。また、前記光散乱部は、絶縁反射層の表面の凹凸面とすることができます。また、前記発光素子において、前記光散乱部は、前記光取り出し面の凹凸面とすることができます。このように光散乱部が凹凸面であれば、容易に光を散乱させることができる。前記凹凸面の表面粗さの最大値 (R_{max}) は、光のピーク波長の $1/4$ 以上であることが好ましい。そして、これら凹凸面に、凹凸面を平坦化するための平坦化層を設けた構成とすることができます。前記平坦化層は、ポリマーからなる構成とすることができます。また、前記平坦化層は、導電性ポリマーからなる構成とすること

とができる。

【0051】(第4の態様) 本態様は、第1の態様の構成と第2の態様の構成の一部とを組み合わせることにより主に外部への取り出し効率のさらなる改善を図るものであり、具体的には以下のとおりである。

【0052】少なくとも、発光領域を有する発光層を備えた積層構造であり、前記発光領域と離隔した光取り出し面より前記発光領域で発光する光を取り出す発光素子であって、前記発光素子中に屈折率が略1の屈折率が略1の層を有し、且つ前記発光領域における前記屈折率が略1の層側の面と前記屈折率が略1の層における前記発光領域側の面との距離が、光のピーク波長の50%以下となるように規制され、更に、前記発光素子中に光散乱部を有することを特徴とする。

【0053】上記構成であれば、発光領域で発光した光の大部分が反射せずに外部へ取り出されるとともに、反射したとしても光散乱部によって光取り出し面への入射角が臨界角未満となり外部へ取り出されるので、外部取り出し効率がより高くなる。

【0054】但し、屈折率が略1の層は必須ではなく、屈折率が略1の層がなくても上記と同様の作用効果がある。この場合には、発光領域における光取り出し面側の面と光取り出し面との距離が、光のピーク波長の50%以下となればよい。

【0055】尚、本態様においては、前記第1の態様の構成及び前記第2の態様の構成における従属請求項のような変形をすることができる。

【0056】(第5の態様) 本態様は、第1の態様の構成と第3の態様の構成とを組み合わせることにより主に外部への取り出し効率のさらなる改善を図るものであり、具体的には以下のとおりである。

【0057】少なくとも、発光領域を有する発光層を備えた積層構造であり、前記発光領域と離隔した光取り出し面より前記発光領域で発光する光を取り出す発光素子であって、前記発光素子中に屈折率が略1の屈折率が略1の層を有し、且つ前記発光領域における前記屈折率が略1の層側の面と前記屈折率が略1の層における前記発光領域側の面との距離が、光のピーク波長の50%以下となるように規制され、更に、前記積層構造中に前記発光領域で発光した光を反射する反射層を有し、この反射層の一部に光散乱部が存在していることを特徴とする。

【0058】上記構成であれば、発光領域で発光した光の大部分が反射せずに外部へ取り出されるとともに、反射したとしても光散乱部によって光取り出し面への入射角が臨界角未満となり外部へ取り出されるので、外部取り出し効率がより高くなる。

【0059】但し、屈折率が略1の層は必須ではなく、屈折率が略1の層がなくても上記と同様の作用効果がある。この場合には、発光領域における光取り出し面側の面と光取り出し面との距離が、光のピーク波長の50%

以下となればよい。

【0060】尚、本態様においては、前記第1の態様の構成及び前記第3の態様の一部の構成における従属請求項のような変形をすることができる。

【0061】〔表示装置〕 本発明に係る表示装置は、前記第1の態様～第5の態様のいずれか一つの発光素子を用いた構成とすることができる。

【0062】〔照明装置〕 本発明に係る照明装置は、前記第1の態様～第5の態様いずれか一つの発光素子を用いた構成とすることができる。

【0063】

【発明の実施の形態】 以下に、本発明の実施の形態について図面に基づいて説明する。

【0064】(実施の形態1) 図1は、前記第1の態様に対応した、実施の形態1に係る発光素子を模式的に示す断面図である。この発光素子は、基板1上に、反射電極(光反射性の第1電極層)2、発光領域3を有する発光層(具体的には、電子注入層、電子輸送性発光材料層、正孔輸送材料層、バッファ層等からなる)4、透明電極(透明な第2電極層)5、屈折率が略1の層であるエアロゲル層7、保護層8をこの順で積層した構成である。そして、保護層8の表面が光取り出し面6である。

【0065】基板1としては、発光素子を担持できるものであればよく、ガラス基板の他、ポリカーボネート、ポリメチルメタクリレート、ポリエチレンテレフタレートなどの樹脂基板や、シリコン基板等を用いることができる。

【0066】反射電極2は、反射率が高く、発光層4を効率良く発光させることができる電極機能を備えていればよく、AlあるいはAl化合物、銀あるいは銀化合物等の金属膜を用いることが好ましい。銀化合物としては、銀・パラジウム・銅(AgPdCu)の合金あるいは銀・金・銅(AgAuCu)の合金を用いるのが好ましい。また、有機化合物を発光材料層として用いるいわゆる電流注入型の有機EL素子の場合、通常反射電極は陰極又は陽極となり、陰極の場合、電子の注入効率のよい材料、すなわち仕事関数の低い材料を用い、陽極の場合、正孔の注入効率のよい材料、すなわち仕事関数あるいはイオン化ボテンシャルの高い材料を用いることが多い。有機EL素子の陰極としては例えばAlLi合金、MgAg合金等の、仕事関数が低いが反応性の高い金属(Li、Mg等)と反応性が低く安定な金属(Al、Ag等)との合金を用いればよい。あるいは、Li/AI、LiF/Al等の仕事関数の低い金属あるいはその化合物と仕事関数の高い金属の積層電極などを用いることができる。反射電極の形成方法としては、スパッタ、エレクトロロンビーム蒸着、抵抗加熱蒸着等の方法を用いればよい。

【0067】発光層4の発光領域3は、有機EL素子の場合、Al_{q3}等の有機化合物から構成される。発光層

4は、単層構造であっても、機能分離した多層構造であってよい。多層構造の場合、従来の構造と同様に、例えば、TPD等を用いた正孔輸送材料層とAl_x等を用いた電子輸送性発光材料層とを積層した2層構造や、TPD等を用いた正孔輸送材料層とペリレン等を用いた発光材料層とオキサジアゾール等を用いた電子輸送材料層とを積層した3層構造や、あるいはそれ以上の多層構造にして用いられる。なお、ITO等の正孔注入電極側に正孔輸送材料層を、AlLi、MgAg等の電子注入電極側に電子輸送材料層を配置する。有機EL素子の場合、発光層の形成は主に抵抗加熱蒸着法を用いるが、エレクトロンビーム蒸着法、スパッタ法等を用いてよい。

【0068】また、無機EL素子の場合、例えば、従来構造と同様に、MnなどをドープしたZnS等からなる発光材料層を、Ta₂O₅等からなる絶縁材料層で挟んだ構造にする。これらの層の形成は、主にスパッタ法を用いるが、エレクトロンビーム蒸着法、抵抗加熱蒸着法、イオンプレーティング法等を用いてよい。

【0069】透明電極5としては、通常、光透過率が50%を超えるものが用いられる。例えば、インジウムティンオキサイド(ITO)、酸化錫等の酸化物透明電極や、5~数十nm程度の金属薄膜電極を用いればよい。透明電極の形成は、スパッタ法、抵抗加熱蒸着法、エレクトロンビーム蒸着法、イオンプレーティング法等が用いられる。

【0070】有機EL素子の場合、発光層が形成された基板を高温に加熱すると、発光層が劣化してしまうため、透明電極は低温にして成膜する必要がある。さらに、透明電極としてのITO膜等をスパッタ法やエレクトロンビーム蒸着法等によって形成する場合、発光層へのダメージを軽減するため、発光層と透明電極との間に、バッファ層を形成するのが好ましい。バッファ層としては、銅フタロシアニンなどの熱的に安定な有機化合物等が好適に用いられる。なお、例えば膜厚10nm程度のMgAgなどの透明金属薄膜等を用いれば、発光層へのダメージを軽減できるので、バッファ層を設けなくてもよい。

【0071】エアロゲル層7は、以下のようにして作製した。即ち、メチルシリケート、メタノール、水、アンモニアを混合した溶液を、メタノール蒸気飽和雰囲気の下、上記透明電極5にスピンドルコートした後、これを所定時間メタノール蒸気飽和雰囲気の下に置くことにより、湿潤ゲルを形成した。次に、この湿潤ゲル薄膜中のシリカ微細骨格をヘキサメチルジシラザンにより疎水化した後、80°C、16MPの炭酸ガスにより湿潤ゲル薄膜が含む溶液を抽出除去することで、疎水性シリカエアロゲル薄膜(エアロゲル層)を作製した。

【0072】また、保護層8は、エアロゲル層7上にEB蒸着法、あるいはスパッタ法によりSiO₂を形成する

ことにより作製した。

【0073】ここで、前記発光領域3における前記エアロゲル層7側の面と前記エアロゲル層7における前記発光領域3側の面との距離dが、光のピーク波長の50%以下となるように規制していれば、発光した光のうちの大部分は反射せず、外部へ取り出される。そのため、従来の発光素子に比べ、外部取り出し効率が高く、高発光効率の発光素子となる。特に、前記発光領域3における前記エアロゲル層7側の面と前記エアロゲル層7における前記発光領域3側の面との距離dが、光のピーク波長の30%以下、さらに好ましくは20%以下、最適には10%以下である。

【0074】ここで、本形態における外部取り出し効率向上の原理を説明する。従来の素子の構成は、透明基板側から、陽電極(透明電極)/発光層/陰電極(反射電極)であり、発光層の発光領域で発光した光は、透明電極、透明基板を透過して透明基板側から取り出される。発光領域で発光した光は、透明電極等を透過する際、界面でスネルの法則に従って屈折し、光取り出し面すなわち透明基板と空気の界面において、臨界角以上の光は全反射して透明基板、発光層、あるいは透明電極中に閉じ込められてしまう。例えば有機EL素子の場合、発光層の屈折率を1.6とすると、発光層中で発生した光のうち立体角39°以内の光しか外部に取り出せない。一方、本形態の素子の構成は、基板側から、陰電極(反射電極)/有機発光層/陽電極(透明電極)であり、発光層の発光領域で発光した光は透明電極を透過して取り出されるか、反射電極で反射したのち取り出される。その場合、発光領域におけるエアロゲル層側の面とエアロゲル層における発光領域側の面との距離dが、光のピーク波長の50%以下であると、非常に光路長が短いためにスネルの法則等が成立しない。その結果、臨界角以上の光の大部分は光取り出し面で反射せず、外部に取り出すことができる。

【0075】(実施の形態2) 図2は、前記第1の態様に対応した、実施の形態2に係る発光素子を模式的に示す断面図である。この発光素子は、透明電極5に接触した状態で発光領域3が存在する。このような素子構成においては、透明電極5の膜厚が発光領域で発光する光のピーク波長の50%以下になっておれば、前記と同様の原理で臨界角以上の光の大部分が反射せず、外部取り出し効率が高くなる。

【0076】なお、前記実施形態1、2では、反射電極を用いた場合について説明したが、基板と第1電極との間、あるいは第1電極と発光層との間に、TiO₂、BaTiO₃等の高光反射性物質とシアノエチルセルロース等の高誘電性物質との混合物等を用いてなる絶縁反射層を設けた場合であっても同様の原理で外部取り出し効率が高くなる。

【0077】(実施の形態3) 図3は、前記第2の態様

に対応した、実施の形態3に係る発光素子を模式的に示す断面図である。この発光素子は、基板1上に、光散乱部としての光散乱面(凹凸面)11を有する反射電極12、発光領域3を有する発光層4、透明電極5の順で積層した構成である。そして、透明電極5の表面が光取り出し面6である。

【0078】ここで、本形態は、基板と、その上に配置された、複数の、前記で説明した発光素子とを備えた発光素子付き基板において、発光素子を構成する反射層(反射電極、絶縁反射層)と光取り出し面との間の距離と発光素子の面内方向(反射層が存在する面)の任意の二点間距離のうち最も長い距離との関係を臨界角等により規定して、隣接する発光素子間で光が混じり合わないようにした。以下、具体的に説明する。

【0079】本形態の発光素子付き基板において、前記反射層と光取り出し面との間の距離もと発光素子の面内方向の任意の二点間距離のうち最も長い距離しは、下記の式(1)を満たすよう決定されている。

【0080】

$$t < (n \cos \theta / 2) \times L \quad \dots (1)$$

ここで、 θ は光取り出し面に対する臨界角、 n は発光領域の屈折率である。

【0081】以下に、前記式の導入について図4を参照しながら説明する。なお、本図は、式の導入を説明するために簡略化して記載している。

【0082】本図において、発光素子32の発光領域で発光した光のうち反射層30で反射した光は、光取り出し面6に向かう。この際、光取り出し面6に対して臨界角 θ 未満の光は外部へ取り出されるが、臨界角 θ 以上の光は全反射する。このような場合、 t としが $t < L / (2 \tan \theta)$ の関係を満たせば、全反射した光が、同一素子内の反射層に到達し、隣接する発光素子の反射層へは向かわない。ここで、 θ は臨界角であるので $n \times \sin \theta = 1$ が成立し、また $\tan \theta = \sin \theta / \cos \theta$ であるから、これらをまとめて前記式(1)が導入される。なお、図4において、31は発光領域で発光した光が透過する部分であり、具体的には透明電極、発光層等である。

【0083】前記式(1)を満たせば、1の発光素子内で発光した光の大部分は、その発光素子の光取り出し面から取り出されることになるので、隣接する発光素子が異なる色の光を発光する場合、混色せず、画像にじみ等の不具合が抑えられる。

【0084】また、本形態によれば外部取り出し効率が向上するが、これは以下に示す理由による。すなわち、従来の素子の構成は、透明基板側から、陽電極(透明電極)/発光層/陰電極(表面平滑な反射電極)であり、発光層の発光領域で発光した光は、透明電極、透明基板を透過して透明基板側から取り出される。この際、透明基板と空気との界面(光取り出し面)等で臨界角以上の

光は全反射して、透明基板、透明電極、あるいは発光層中に閉じ込められてしまう。一方、本形態の素子構成では、光散乱面が存在しているので、光取り出し面と反射電極表面との間での多重反射中にその光散乱面で散乱することにより、その一部が臨界角未満の角度に入り、そのまま外部に取り出されることになる。よって、外部取り出し効率が向上する。

【0085】光散乱面11は、発光領域で発光した光を等方的に散乱できるようになっていることが好ましい。光散乱面11の表面粗さとしては、充分な散乱効果を得るために、その最大値(R_{max})が発光領域で発光した光のピーク波長の1/4以上であることが好ましい。

【0086】光散乱面11の形成方法としては、反射電極の形成時に基板加熱を行うか、あるいは形成後に熱処理することにより、金属膜を結晶成長させて表面に凹凸をつければよい。その他の方法としては、反射電極を形成後に、サンドブラスト法等を用いて機械的に表面を粗面化してもよい。さらに別の方法として、基板の表面をサンドブラスト法等の機械的方法、あるいはイオンビーム等による物理的エッチング法、酸、アルカリ等による化学的エッチング法等の方法で粗面化した後に、その粗面形状に沿うようにして反射電極を形成する方法を用いてもよい。

【0087】また、本形態の素子構成のように、透明基板側から、反射電極/発光層/透明電極であると、透明電極側から光が取り出されるので、厚みの大きい基板中を多重反射している間に光が横方向に進んでしまうといったことがなくなる。よって、ドットマトリックスディスプレイのように、1つの素子の大きさが数百 μm 角程度の素子が複数配置した場合、発光した素子から横方向に離れた位置から光が放射されてしまうことが抑制される。

【0088】(実施の形態4) 図5は、前記第2の態様に対応した、実施の形態4に係る発光素子を模式的に示す断面図である。この発光素子は、実施形態3に比べ、反射電極12に代えて、透明電極13を用い、その下(基板側)に、光散乱部としての光散乱面(凹凸面)を有する光散乱層14とその光散乱面を平坦化するための平坦化層15とを設けた点で異なる。

【0089】光散乱層14は、電極として機能しないため、導電率が低くても、光反射率が高く、発光領域で発光した光を等方的に散乱できるものであれば好適に用いられる。よって、材料選択の幅が広いという利点がある。具体的には、A1あるいはA1化合物、銀あるいは銀化合物等の金属膜の他、 TiO_2 、 BaTiO_3 等の高光反射性物質とシアノエチルセルロース等の高誘電性物質との混合物等も用いることができる。光散乱層の形成方法としては、これら材料を用いて成膜した後、サンドブラスト法等の機械的方法、イオンビーム等の物理的エッチング法、酸、アルカリ等を用いた化学的エッキン

グ法等で粗面化する方法が採用される。

【0090】平坦化層15は、透明な絶縁膜であればよく、例えばSiO₂等の無機材料あるいはポリメタクリル酸メチル(PMMA)等のポリマー材料を用いることができる。SiO₂等の無機材料は、スパッタ法、エレクトロニビーム蒸着法等の方法で成膜すればよい。PMMA等のポリマー膜は、スピンドル法、キャスト法等の塗布法により、成膜すればよい。本形態のように平坦化層15を設ければ、前記実施形態3に比べ短絡のおそれが軽減される。

【0091】透明電極13は、透明電極5と同様、ITO、酸化錫などの酸化物透明電極、あるいは5～数十nm程度の金属薄膜等を用いればよい。

【0092】なお、前記実施形態4では、平坦化層として絶縁材料を用いた場合について説明したが、導電性ポリマーのような導電材料を用い、このような平坦化層を電極として用いる構成としてもよい。この構成であれば、前記したと同様の原理で外部取り出し効率が向上するとともに、薄型化・小型化に寄与する。

【0093】(実施の形態5)図6は、前記第2の態様に対応した、実施の形態5に係る発光素子を模式的に示す断面図である。この発光素子は、実施の形態3に比べ、反射電極12の表面を光散乱面とせずに、光取り出し面を光散乱面16にした点で異なる。このような構成にしたことにより、臨界角未満で入射する光が多くなり、外部取り出し効率が高くなる。

【0094】光散乱面16の形成方法は、透明電極5を形成した後、その表面をサンドブラスト法などの機械的方法、イオンビームなどによる物理的エッチング法等の粗面化処理法があげられる。また、透明電極の上に、透明材料層を形成した後、透明材料層をエッチングする方法であってもよい。

【0095】(実施の形態6)図7は、前記第2の態様に対応した、実施の形態6に係る発光素子を模式的に示す断面図である。この発光素子は、実施の形態3に比べ、反射電極12の表面を光散乱面とせずに、光取り出し面側に光散乱層9を別途形成した点で異なる。このような構成にしたことにより、臨界角未満で入射する光が多くなり、外部取り出し効率が高くなる。

【0096】この光散乱層9は、ポリメチルメタクリレート(PMMA、屈折率：約1.7)やポリカーボネート(PC、屈折率：約1.7)等のポリマーに、SiO₂(屈折率：約1.5)等を分散させることにより作製する。

【0097】尚、上記作用効果を得るためにには、必ずしも別途光散乱層9を形成する必要はなく、例えば、図8に示すように、透明電極5中にSiO₂(屈折率：約1.5)等を分散させることにより作製することもできる。このような構造であれば、別途光散乱層9を形成する必要がないので、製造コストが低減できる。

【0098】(実施の形態7)図9は、前記第3の態様に対応した、実施の形態7に係る発光素子を模式的に示す図であって、(a)はその断面図であり、(b)は反射電極2と光散乱層14とが存在する面の平面図である。この発光素子は、実施形態3に比べ、反射電極(平滑面)2と光散乱層(光散乱部)14とを同一面内に区画して設けた点で異なる。すなわち、実施形態3では反射電極を発光層片面全てに配置し、かつその反射電極表面の全てを光散乱面とした構成であるのに対し、本形態は発光層4片面の一部に反射電極2を配置し、かつ他部に光散乱層14を配置した構成にしたものである。

【0099】上記構成であると、発光領域3は反射電極2上に存在し、その発光領域3で発光した光が、光取り出し面での全反射及び光散乱部での散乱等によって、光取り出し面6全面から光を取り出すことができるため、実施形態3と比較してより効率的に光を取り出すことができる。具体的に説明すると、動作時に電圧が印加(あるいは電流が流れる)されるのは、発光層のうち反射電極の面内方向の大きさに対応した領域(発光領域3)であるが、この領域で発光した光は、光取り出し面で全反射したり、反射電極で反射したり、光散乱部で散乱されたりする。このため、発光領域上の光取り出し面は発光領域の面内方向の大きさより広い面積となり、発光素子の透明電極側の最表面全てが光取り出し面となって光を取り出されるので、より効率的に光を取り出すことができる。

【0100】(実施の形態8)図10は、前記第3の態様に対応した、実施の形態7に係る発光素子を模式的に示す断面図である。この発光素子は、実施形態6に比べ、島状の反射電極2が複数(4つ)存在する点で異なる。このような構成にすると、発光領域中の発光する部分と光散乱部とが近いため、より効率的に光を散乱させることができ、その結果としてより効率良く外部に光を取り出すことができる。

【0101】(実施の形態9)図11は、前記第3の態様に対応した、実施の形態9に係る発光素子を模式的に示す断面図である。この発光素子は、実施形態8に比べ、島状の反射電極2が光散乱層14を兼用する点で異なる。

【0102】但し、このような形状に限定するものではなく、図12に示すように、平坦な反射電極2上に光散乱層14を形成してもよい。

【0103】前記実施形態3～9では、反射電極を用いた場合について説明したが、基板と第1電極との間、あるいは第1電極と発光層との間に、TiO₂、BaTiO₃等の高光反射性物質とシアノエチルセルロース等の高誘電性物質との混合物等を用いてなる絶縁反射層を設けた場合であっても同様の原理で外部取り出し効率が高くなる。そして、このような絶縁反射層を設けた場合、この絶縁反射層を光散乱部(光散乱面)にしてもよい。

【0104】(実施の形態10) 本形態は、前記第4の態様に対応したものであって、発光素子中に屈折率が略1のエアロゲル層を有し、且つ発光領域におけるエアロゲル層側の面とエアロゲル層における発光領域側の面との距離が、光のピーク波長の50%以下、好ましくは30%以下、さらに好ましくは20%以下、最適には10%以下となるように規制され、更に、前記発光素子中に光散乱部を有する。このように両方を満たす構成することにより、発光領域で発光した光の大部分が全反射せずに外部へ取り出されるとともに、全反射したとしても光散乱部によって光取り出し面への入射角が臨界角未満となり外部へ取り出されるので、従来の発光素子に比べ、外部取り出し効率がより向上したものとなる。

【0105】但し、エアロゲル層は必須ではなく、無くても同様の効果を奏する。

【0106】(実施の形態11) 本形態は、前記第5の態様に対応したものであって、発光素子中に屈折率が略1のエアロゲル層を有し、且つ前記発光領域における前記エアロゲル層側の面と前記エアロゲル層における前記発光領域側の面との距離が、光のピーク波長の50%以下、好ましくは30%以下、さらに好ましくは20%以下、最適には10%以下となるように規制され、更に、前記積層構造中に前記発光領域で発光した光を反射する反射層を有し、この反射層の一部に光散乱部が存在している。このように両方を満たす構成することにより、発光領域で発光した光の大部分が全反射せずに外部へ取り出されるとともに、全反射したとしても光散乱部によって光取り出し面への入射角が臨界角未満となり外部へ取り出されるので、従来の発光素子に比べ、外部取り出し効率がより向上したものとなる。

【0107】但し、エアロゲル層は必須ではなく、無くても同様の効果を奏する。

【0108】(実施の形態12) 前記実施形態1~11の発光素子は、例えば、単位画素に対応させてマトリックス状に並べることにより表示装置に適用することができる。例えば、基板上にストライプ状の反射電極または透明電極を形成した後、発光層等の各層を成膜し、引き続いて前記電極に対して直交するようにストライプ状の透明電極を形成する。そして、発光させたい素子(画素)の上下の電極に任意の電圧を印加することにより、任意の発光素子(画素)を任意の輝度で発光させることができる。

【0109】さらに、前記実施形態1~11の発光素子は、例えば、基板全面に形成することによってバックライト等の照明装置に適用することができる。

【0110】なお、前記実施形態1~11では、光を基板と反対側から取り出す構成について説明したが、本発明はこの構成に限定するものではなく、例えば厚みが非常に薄いフィルム基板などを用いて、基板側から光を取り出す構成にしてもよい。

【0111】(実施例1) 図13に示すように、実施例1の発光素子は、基板51上に、反射電極52、電子注入層53、電子輸送性発光材料層54、正孔輸送材料層55、バッファ層56、透明電極57、エアロゲル層58、保護層59をこの順で積層したものであり、つぎのようにして製造した。

【0112】まず、基板51としての厚み0.7mmのガラス基板を準備し、この上にA1をスパッタ法で蒸着して約250nmのA1膜を成膜した後、フォトリソグラフィにより所定形状にパターニングして反射電極52を形成した。ついで、抵抗加熱蒸着法により、Liからなる電子注入層(厚み1.5nm)、A1_{q3}からなる電子輸送性発光材料層(厚み50nm)、TPDからなる正孔輸送材料層(厚み50nm)、銅フタロシニアンからなるバッファ層(5nm)を形成した。その後、室温(約20°C)でのスパッタ法により、ITOからなる透明電極(厚み220nm)を形成した。しかる後、コーティング、加熱法によりエアロゲル層(厚み2μm)を形成した後、スパッタリング法により保護層(厚み20μm)を形成することにより、図13に示す発光素子を製造した。

【0113】このようにして得られた発光素子の透明電極に+、反射電極に-の電圧を印加したところ、透明電極側から緑色発光(ピーク波長: 550nm)が確認でき、この時の電流効率(cd/A)は、後記の表1に示す値であり、取り出し効率Tは図25に示す値であった。発光領域(電子輸送性発光材料層54)におけるエアロゲル層側の面とエアロゲル層における発光領域側の面との距離は275nmであり、光のピーク波長の50%であった。尚、図25においては、ピーク波長を入とし、発光領域におけるエアロゲル層側の面とエアロゲル層における発光領域側の面との距離をdとしている。

【0114】(実施例2) 電子注入層、電子輸送性発光材料層、正孔輸送材料層、バッファ層、透明電極の厚みを、順に1.5nm、50nm、50nm、5nm、110nmとした他は、実施例1と同様にして、発光素子を製造した。

【0115】このようにして得られた発光素子の透明電極に+、反射電極に-の電圧を印加したところ、透明電極側から緑色発光が確認でき、この時の電流効率(cd/A)は、後記の表1に示す値であり、取り出し効率Tは図25に示す値であった。尚、発光領域におけるエアロゲル層側の面とエアロゲル層における発光領域側の面との距離は165nmであり、光のピーク波長の30%であった。

【0116】(実施例3) 電子注入層、電子輸送性発光材料層、正孔輸送材料層、バッファ層、透明電極の厚みを、順に1.5nm、50nm、50nm、5nm、55nmとした他は、実施例1と同様にして、発光素子を製造した。

【0117】このようにして得られた発光素子の透明電極に+、反射電極に-の電圧を印加したところ、透明電極側から緑色発光が確認でき、この時の電流効率($c d / A$)は、後記の表1に示す値であり、取り出し効率Tは図25に示す値であった。尚、発光領域におけるエアロゲル層側の面とエアロゲル層における発光領域側の面との距離は110nmであり、光のピーク波長の20%であった。

【0118】(実施例4)電子注入層、電子輸送性発光材料層、正孔輸送材料層、バッファ層、透明電極の厚みを、順に1.5nm、50nm、20nm、5nm、30nmとした他は、実施例1と同様にして、発光素子を製造した。

【0119】このようにして得られた発光素子の透明電極に+、反射電極に-の電圧を印加したところ、透明電極側から緑色発光が確認でき、この時の電流効率($c d / A$)は、後記の表1に示す値であり、取り出し効率Tは図25に示す値であった。尚、発光領域におけるエアロゲル層側の面とエアロゲル層における発光領域側の面との距離は55nmであり、光のピーク波長の10%であった。

【0120】(実施例5)図14に示すように、実施例2の発光素子は、基板51上に、表面凹凸状の反射電極52、電子注入層53、電子輸送性発光材料層54、正孔輸送材料層55、バッファ層56、透明電極57、保護層59をこの順で積層したものであり、つぎのようにして製造した。

【0121】まず、基板51としての厚み0.7mmのガラス基板を準備し、この上にA1をスパッタ法で蒸着して約250nmのA1膜を成膜した後、フォトリソグラフィにより所定形状にパターニングした。その後、400°Cの熱処理を施して、表面粗さ(R_{max})が150nm(光のピーク波長の約0.27倍)の凹凸状反射電極を形成した。続いて、抵抗加熱蒸着法により、Liからなる電子注入層(厚み1.5nm)、Al₂O₃からなる電子輸送性発光材料層(厚み50nm)、TPDからなる正孔輸送材料層(厚み50nm)、銅フタロシニアンからなるバッファ層(厚み5nm)を形成した。そして、室温でのスパッタ法によって、ITOからなる透明電極(厚み220nm)を形成することにより、図14に示す発光素子を製造した。

【0122】このようにして得られた発光素子の透明電極に+、反射電極に-の電圧を印加したところ、透明電極側から緑色発光が確認でき、この時の電流効率($c d / A$)は、後記の表1に示す値であり、取り出し効率Tは図25に示す値であった。尚、発光領域におけるエアロゲル層側の面とエアロゲル層における発光領域側の面との距離は5805nmであり、光のピーク波長の100%以上であった。

【0123】(実施例6)図15に示すように、実施例6の発光素子は、基板51上に、表面凹凸状の反射電極52、電子注入層53、電子輸送性発光材料層54、正孔輸送材料層55、バッファ層56、透明電極57をこの順で積層したものであり、つぎのようにして製造した。

【0124】まず、基板51としての厚み0.7mmのガラス基板を準備し、この上にA1をスパッタ法で蒸着して約250nmのA1膜を成膜した後、フォトリソグラフィにより所定形状にパターニングした。その後、400°Cの熱処理を施して、表面粗さ(R_{max})が150nm(光のピーク波長の約0.27倍)の凹凸状反射電極を形成した。続いて、抵抗加熱蒸着法により、Liからなる電子注入層(厚み1.5nm)、Al₂O₃からなる電子輸送性発光材料層(厚み50nm)、TPDからなる正孔輸送材料層(厚み50nm)、銅フタロシニアンからなるバッファ層(厚み5nm)を形成した。そして、室温でのスパッタ法によって、ITOからなる透明電極(厚み220nm)を形成することにより、図15に示す発光素子を製造した。

【0125】このようにして得られた発光素子の透明電極に+、反射電極に-の電圧を印加したところ、透明電極側から緑色発光が確認でき、この時の電流効率($c d / A$)は、後記の表1に示す値であり、取り出し効率Tは図25に示す値であった。尚、発光領域におけるエアロゲル層側の面とエアロゲル層における発光領域側の面との距離は275nmであり、光のピーク波長の50%であった。このことは下記実施例7~11においても同様である。

【0126】(実施例7)図16に示すように、実施例7の発光素子は、表面凹凸状の基板51上に、その凹凸形状に沿うように形成された反射電極52、電子注入層53、電子輸送性発光材料層54、正孔輸送材料層55、バッファ層56、透明電極57をこの順で積層したものであり、つぎのようにして製造した。

【0127】まず、基板としての厚み0.7mmのガラス基板を準備し、この表面をサンドブラスト法で粗面化した。粗面化した面の表面粗さ(R_{max})は150nmであった。ついで、この上に、A1をスパッタ法により蒸着し、引き続きフォトリソグラフィによって所定形状にパターニングして、基板表面の凹凸形状に沿った厚み250nmの反射電極($R_{max} = 150\text{ nm}$)を形成した。続いて、抵抗加熱蒸着法によって、Liからなる電子注入層(厚み1.5nm)、Al₂O₃からなる電子輸送性発光材料層(厚み50nm)、TPDからなる正孔輸送材料層(厚み50nm)、銅フタロシニアンからなるバッファ層(5nm)を形成した。そして、室温下でのスパッタ法によって、ITOからなる透明電極(厚み220nm)を形成することにより、図16に示す発光素子を製造した。

【0128】このようにして得られた発光素子の透明電極に+、反射電極に-の電圧を印加したところ、透明電極側から緑色発光が確認でき、この時の電流効率(c d/A)は、後記の表1に示す値であり、取り出し効率Tは図25に示す値であった。

【0129】(実施例8) 図17に示すように、実施例8の発光素子は、基板51上に、表面凹凸状の反射電極52、平坦化層51、電子注入層53、電子輸送性発光材料層54、正孔輸送材料層55、バッファ層56、透明電極57をこの順で積層したものであり、つぎのようにして製造した。

【0130】まず、基板51としての厚み0.7mmのガラス基板を準備し、この上にAlをスパッタ法で蒸着して約250nmのAl膜を成膜した後、フォトリソグラフィによって所定形状にパターニングした。その後、400°Cの熱処理を施して、表面粗さ(R_{max}、光のピーク波長の約0.27倍)が150nmの凹凸状反射電極を形成した。続いて、ポリチオフェンを水に分散した分散液をスピンドルコート法で塗布し乾燥して、導電性ポリマーからなる平坦化層(厚み10nm)を形成した。その後、抵抗加熱蒸着法によって、Liからなる電子注入層(厚み1.5nm)、Al_{q3}からなる電子輸送性発光材料層(厚み50nm)、TPDからなる正孔輸送材料層(厚み50nm)、銅フタロシニアンからなるバッファ層(5nm)を形成した。そして、室温下でのスパッタ法によって、ITOからなる透明電極(厚み220nm)を形成することにより、図17に示す発光素子を製造した。

【0131】このようにして得られた発光素子の透明電極に+、反射電極に-の電圧を印加したところ、透明電極側から緑色発光が確認でき、この時の電流効率(c d/A)は、後記の表1に示す値であり、取り出し効率Tは図25に示す値であった。

【0132】(実施例9) 図18に示すように、実施例9の発光素子は、基板51上に、表面凹凸状の光散乱層62、平坦化層61、透明電極63、正孔輸送材料層55、電子輸送性発光材料層54、電子注入層53、透明電極57をこの順で積層したものであり、つぎのようにして製造した。

【0133】まず、基板としての厚み0.7mmのガラス基板を準備し、この上にAgPdCuをスパッタ法で蒸着して約250nmのAgPdCu膜を成膜した。続いて、成膜時の基板温度を400°Cに設定し、SiO₂をスパッタ法により蒸着することにより、表面粗さ(R_{max})が150nm(光のピーク波長の約0.27倍)の光散乱層を形成するとともに、SiO₂膜を形成した後、SiO₂膜を光学研磨して平坦化層(厚み200nm)を形成した。続いて、平坦化層上に、ITOをスパッタ法により蒸着して透明電極(厚み100nm)を形成した。その後、抵抗加熱蒸着法によって、TPDから成した。

なる正孔輸送材料層(厚み50nm)、Al_{q3}からなる電子輸送性発光材料層(厚み50nm)、MgAgからなる電子注入層(厚み1.5nm)を形成した。このMgAg膜は、バッファ層としての機能も兼ねる。なお、MgAg膜は、MgとAgの共蒸着により形成し、それぞれの蒸着レートの制御により、Mg:Ag=1:0:1(重量比)となるようにした。そして、ITOをスパッタ法で蒸着して透明電極(厚み220nm)を形成することにより、図18に示す発光素子を形成した。

【0134】このようにして得られた発光素子の下側の透明電極に+、上側の透明電極に-の電圧を印加したところ、上側から緑色発光が確認でき、この時の電流効率(c d/A)は、後記の表1に示す値であり、取り出し効率Tは図25に示す値であった。

【0135】(実施例10) 実施例9における平坦化層としてSiO₂の代わりにポリメタクリル酸メチル(PMMA)を用いた。すなわち、PMMAをジエチレンリコールエチルメチルエーテルに溶解した溶液を準備し、この溶液を表面凹凸状の光散乱層に対してスピンドルコート法で塗布し乾燥することにより平坦化層を形成した。なお、このようにして平坦化層を形成した場合、光学研磨等の表面処理を施す必要はない。

【0136】このようにして得られた発光素子の下側の透明電極に+、上側の透明電極に-の電圧を印加したところ、上側から緑色発光が確認でき、この時の電流効率(c d/A)は、後記の表1に示す値であり、取り出し効率Tは図25に示す値であった。

【0137】(実施例11) 図19に示すように、実施例11の発光素子は、基板51上に、反射電極52、電子注入層53、電子輸送性発光材料層54、正孔輸送材料層55、バッファ層56、表面凹凸状の透明電極57を積層したものであり、つぎのようにして製造した。

【0138】まず、基板としての厚み0.7mmのガラス基板を準備し、この上にAlをスパッタ法で蒸着して約250nmのAl膜を成膜し、フォトリソグラフィにより所定形状にパターニングして反射電極を形成した。ついで、抵抗加熱蒸着法によって、Liからなる電子注入層(厚み1.5nm)、Al_{q3}からなる電子輸送性発光材料層(厚み50nm)、TPDからなる正孔輸送材料層(厚み50nm)、銅フタロシアニンからなるバッファ層(厚み5nm)を形成した。続いて、室温下でのスパッタ法によりITOを蒸着して厚み220nmのITO膜を形成した。そして、ITO膜に対しアルゴンイオンビームを照射してエッチングすることにより、表面凹凸状の透明電極(R_{max}=150nm、光のピーク波長の約0.27倍)を形成した。こうして図19に示す発光素子を製造した。

【0139】このようにして得られた発光素子の透明電極に+、反射電極に-の電圧を印加したところ、透明電極側から緑色発光が確認でき、この時の電流効率(c d

/A)は、後記の表1に示す値であり、取り出し効率Tは図25に示す値であった。

【0140】(実施例12)電子注入層、電子輸送性発光材料層、正孔輸送材料層、バッファ層、透明電極の厚みを、順に1.5nm、50nm、50nm、5nm、110nmとした他は、実施例6と同様にして、発光素子を製造した。

【0141】このようにして得られた発光素子の透明電極に+、反射電極に-の電圧を印加したところ、透明電極側から緑色発光が確認でき、この時の電流効率(cd/A)は、後記の表1に示す値であり、取り出し効率Tは図25に示す値であった。尚、発光領域におけるエアロゲル層側の面とエアロゲル層における発光領域側の面との距離は165nmであり、光のピーク波長の30%であった。

【0142】(実施例13)電子注入層、電子輸送性発光材料層、正孔輸送材料層、バッファ層、透明電極の厚みを、順に1.5nm、50nm、50nm、5nm、55nmとした他は、実施例6と同様にして、発光素子を製造した。

【0143】このようにして得られた発光素子の透明電極に+、反射電極に-の電圧を印加したところ、透明電極側から緑色発光が確認でき、この時の電流効率(cd/A)は、後記の表1に示す値であり、取り出し効率Tは図25に示す値であった。尚、発光領域におけるエアロゲル層側の面とエアロゲル層における発光領域側の面との距離は110nmであり、光のピーク波長の20%であった。

【0144】(実施例14)電子注入層、電子輸送性発光材料層、正孔輸送材料層、バッファ層、透明電極の厚みを、順に1.5nm、50nm、20nm、5nm、30nmとした他は、実施例6と同様にして、発光素子を製造した。

【0145】このようにして得られた発光素子の透明電極に+、反射電極に-の電圧を印加したところ、透明電極側から緑色発光が確認でき、この時の電流効率(cd/A)は、後記の表1に示す値であり、取り出し効率Tは図25に示す値であった。尚、発光領域におけるエアロゲル層側の面とエアロゲル層における発光領域側の面との距離は55nmであり、光のピーク波長の10%であった。

【0146】(実施例15~23)透明電極上に実施例1と同様のエアロゲル層と保護層とを設ける他は、実施例6~14と同様にして、発光素子を製造した。

【0147】このようにして得られた発光素子の透明電極に+、反射電極に-の電圧を印加したところ、透明電極側から緑色発光が確認でき、この時の電流効率(cd/A)は、後記の表1に示す値であり、取り出し効率Tは図25に示す値であった。尚、発光領域におけるエアロゲル層側の面とエアロゲル層における発光領域側の面

との距離は、各々実施例6~14と同様である。

【0148】(実施例24)図20に示すように、実施例14の発光素子は、基板51上に、反射電極52及び表面凹凸状の光散乱層65及び絶縁層66と、電子注入層53と、電子輸送性発光材料層54と、正孔輸送材料層55と、バッファ層56と、透明電極57とを積層したものであり、図21~図24に示すようにして製造した。

【0149】まず、図21に示すように、厚み0.7μmのガラス基板51を準備し、AgPdCuをスパッタ法により蒸着して厚み300nmのAgPdCu膜65aを形成した。次いで、AgPdCu膜65aに対し400°Cの熱処理を行って、表面が凹凸面(Rmax=150nm、光のピーク波長の約0.27倍)となったAgPdCu膜65bを形成した。続いて、表面凹凸状のAl膜65bに対しフォトリソグラフィにより所定形状にパターニングして、光散乱層65を形成した。

【0150】次に、図22に示すように、光散乱層65を覆うように、SiO₂をスパッタ法で蒸着して厚み50nmのSiO₂膜66aを形成した。続いて、フォトリソグラフィにより所定形状にパターニングして、絶縁層66を形成した。

【0151】次に、図23に示すように、Alをスパッタ法により蒸着して、厚み300nmのAl膜52aを形成した。続いて、フォトリソグラフィにより所定形状にパターニングして島状の反射電極52を形成した。

【0152】その後、図24に示すように、抵抗加熱蒸着法により、厚み1.5nmのLiからなる電子注入層53、厚み50nmのAlq₃からなる電子輸送性発光材料層54、厚み50nmのTPDからなる正孔輸送材料層55、厚み5nmの銅フタロシアニンからなるバッファ層56を順次形成した。そして、室温下でのスパッタ法により、ITOを蒸着して厚み110nmの透明電極57を形成した。こうして、図20に示す発光素子を製造した。

【0153】このようにして得られた発光素子の透明電極に+、反射電極に-の電圧を印加したところ、透明電極側から緑色発光が確認でき、この時の電流効率(cd/A)は、後記の表1に示す値であり、取り出し効率Tは図25に示す値であった。尚、発光領域におけるエアロゲル層側の面とエアロゲル層における発光領域側の面との距離は165nmであり、光のピーク波長の30%であった。

【0154】(比較例1)透明基板上に、ITOからなる透明電極、銅フタロシアニンからなるバッファ層、TPDからなる正孔輸送材料層、Alq₃からなる電子輸送性発光材料層、Liからなる電子注入層、Alからなる反射電極を順に成膜した。すなわち、実施例1の構成の上下を逆にして基板上に積層した。全ての層の膜厚は実施例1と同様にした。

【0155】このようにして得られた発光素子の透明電極に+、反射電極に-の電圧を印加したところ、透明電極側から緑色発光が確認でき、この時の電流効率(cd/A)は、後記の表1に示す値であり、取り出し効率T

は図25に示す値であった。

【0156】

【表1】

実施例	d/λ	光散乱部の有無	電流効率(cd/A)
1	0.5	無	5.0
2	0.3	無	7.5
3	0.2	無	8.2
4	0.1	無	10.0
5	>10	有	6.8
6~11、15~20	0.5	有	7.8
12、21	0.3	有	8.3
13、22	0.2	有	10.0
14、23	0.1	有	11.5
24	0.3	有	9.5
比較例1	>10	無	4.0

前記表1及び図25より、実施例1~24の発光素子は、比較例の発光素子に比べ、電流効率や取り出し効率Tが高いことがわかる。特に発光領域におけるエアロゲル層側の面とエアロゲル層における発光領域側の面との距離が光のピーク波長の30%以下(望ましくは20%以下で、特に望ましくは10%以下)である場合や、散乱面を設けた場合には、電流効率や取り出し効率Tが格段に高くなることがわかる。

【0157】尚、発光領域におけるエアロゲル層側の面とエアロゲル層における発光領域側の面との距離が光のピーク波長の10%以下であれば、取り出し効率Tは下記式(2)で近似できる。尚、式2において、発光領域におけるエアロゲル層側の面とエアロゲル層における発光領域側の面との距離をdとし、光のピーク波長をλとした。

$$T \approx 1 - d/\lambda \quad (2)$$

ちなみに、ガラス基板と複数の実施例24の発光素子とを用いて、前記式(1)を満たす発光素子付き基板と、前記式(1)を満たさない発光素子付き基板とを作製した後、両方の発光素子付き基板について、それぞれ1の発光素子のみに電圧を印加して発光させ、隣接する発光素子の光取り出し面からの漏れ光を調べたところ、前記式(1)を満たさない発光素子付き基板は、前記式(1)を満たす発光素子付き基板に比べ、かなり漏れ光が多かったことを確認している。

【0159】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、製造が容易で、かつ、外部への光の取り出し効率が高く、しかも漏れ光による画像のにじみの少ない発光素子、表示装置、及び照明装置が提供できるといった優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1に係る発光素子を模式的に示す断面図である。

【図2】本発明の実施の形態2に係る発光素子を模式的に示す断面図である。

【図3】本発明の実施の形態3に係る発光素子を模式的に示す断面図である。

【図4】本発明の実施の形態3に係る発光素子の理論構成を示す説明図である。

【図5】本発明の実施の形態4に係る発光素子を模式的に示す断面図である。

【図6】本発明の実施の形態5に係る発光素子を模式的に示す断面図である。

【図7】本発明の実施の形態6に係る発光素子を模式的に示す断面図である。

【図8】本発明の実施の形態6に係る発光素子の変形例を模式的に示す断面図である。

【図9】本発明の実施の形態7に係る発光素子を模式的に示す図であって、(a)はその断面図であり、(b)は反射電極と光散乱層とが存在する面の平面図である。

【図10】本発明の実施の形態8に係る発光素子を模式

的に示す図であって、(a)はその断面図であり、(b)は反射電極と光散乱層とが存在する面の平面図である。

【図11】本発明の実施の形態9に係る発光素子を模式的に示す断面図である。

【図12】本発明の実施の形態9に係る発光素子の変形例を模式的に示す断面図である。

【図13】実施例1に係る発光素子を模式的に示す断面図である。

【図14】実施例5に係る発光素子を模式的に示す断面図である。

【図15】実施例6に係る発光素子を模式的に示す断面図である。

【図16】実施例7に係る発光素子を模式的に示す断面図である。

【図17】実施例8に係る発光素子を模式的に示す断面図である。

【図18】実施例9に係る発光素子を模式的に示す断面図である。

【図19】実施例11に係る発光素子を模式的に示す断面図である。

【図20】実施例24に係る発光素子を模式的に示す断面図である。

【図21】実施例24に係る発光素子の製造方法を説明

するための模式的な要部断面図である。

【図22】実施例24に係る発光素子の製造方法を説明するための模式的な要部断面図である。

【図23】実施例24に係る発光素子の製造方法を説明するための模式的な要部断面図である。

【図24】実施例24に係る発光素子の製造方法を説明するための模式的な要部断面図である。

【図25】取り出し効率Tとd/λとの関係を示すグラフである。

【図26】従来の有機EL素子を模式的に示す断面図である。

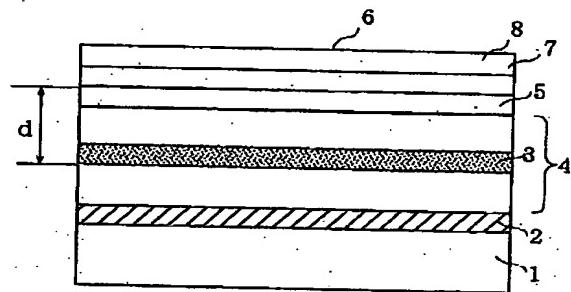
【図27】従来の無機EL素子を模式的に示す断面図である。

【図28】従来の発光素子における光の取り出しを示す概念図である。

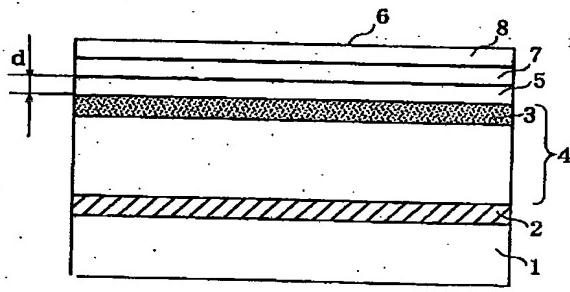
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 反射電極
- 3 発光領域
- 4 発光層
- 5 透明電極
- 6 光取り出し面
- 7 エアロゲル層
- 8 保護層

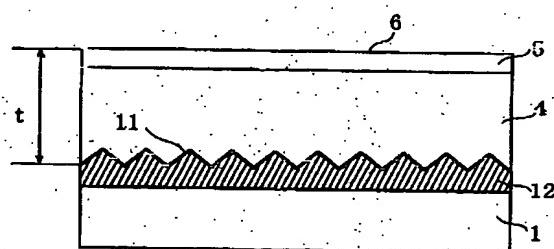
【図1】



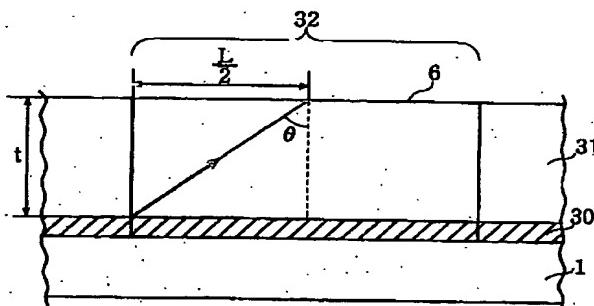
【図2】



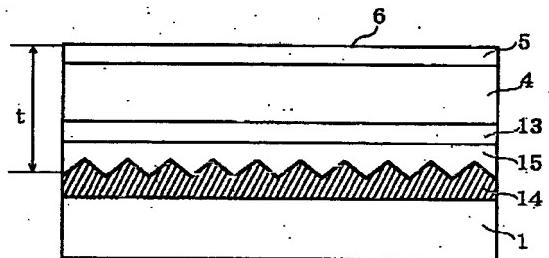
【図3】



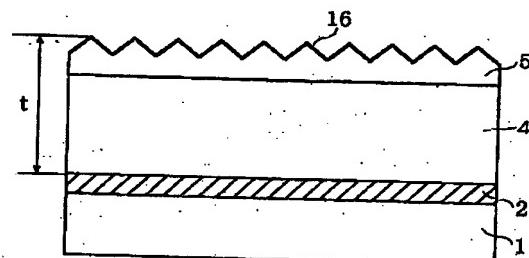
【図4】



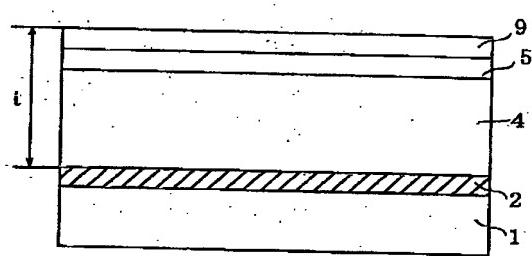
【図5】



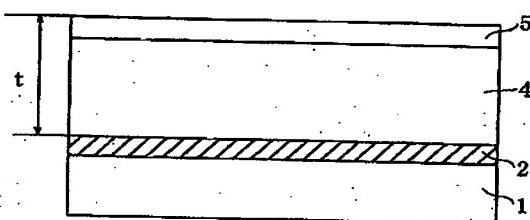
【図6】



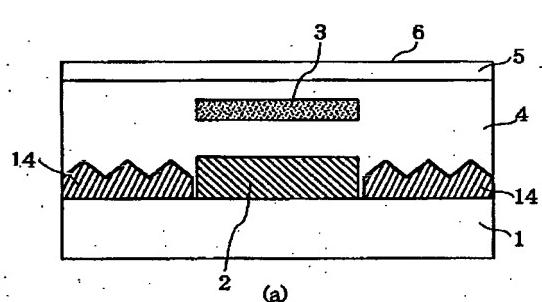
【図7】



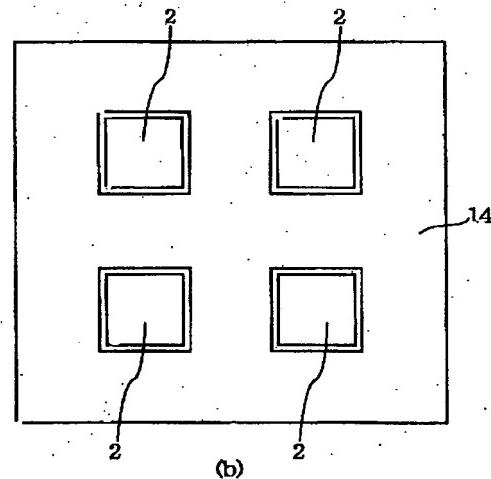
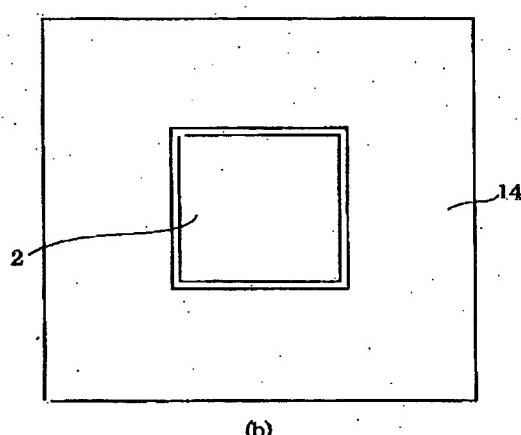
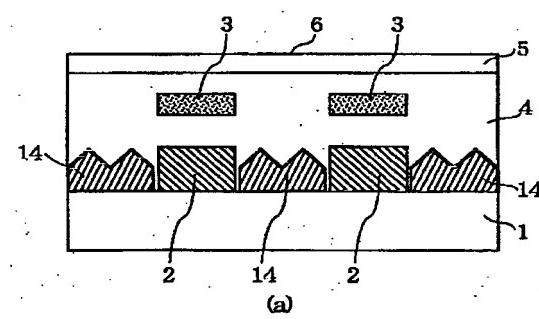
【図8】



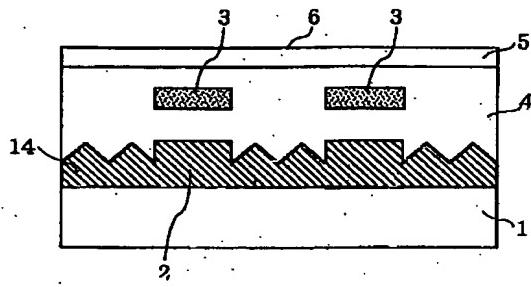
【図9】



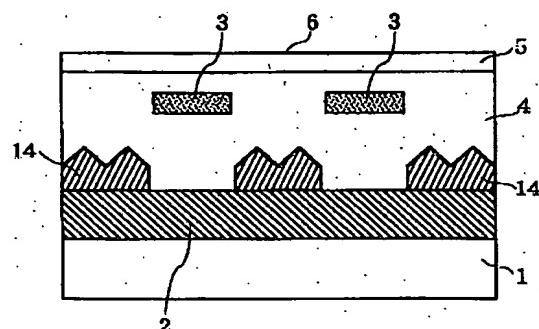
【図10】



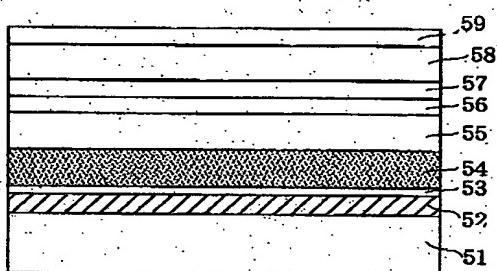
【図11】



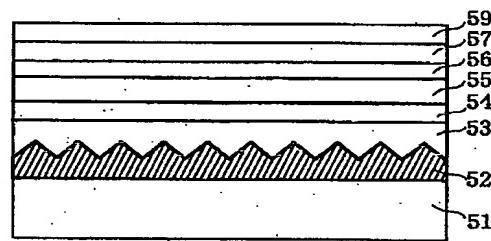
【図12】



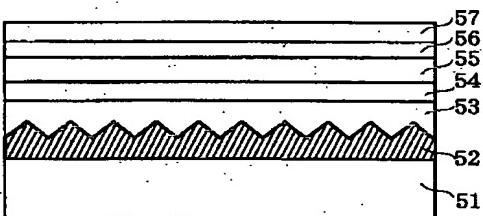
【図13】



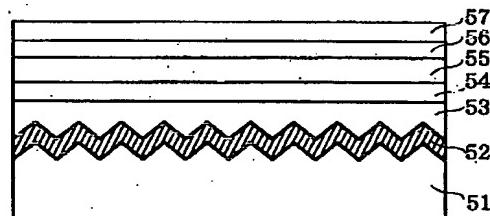
【図14】



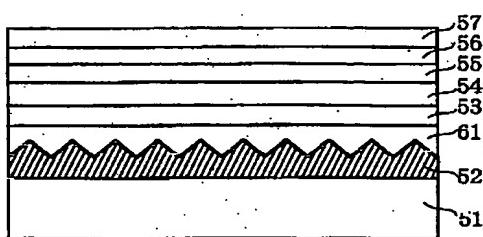
【図15】



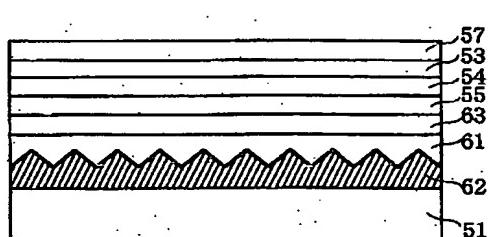
【図16】



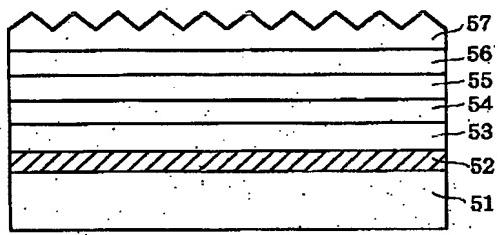
【図17】



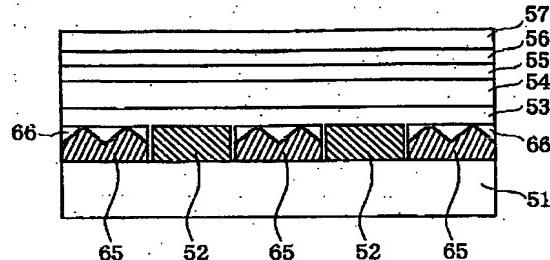
【図18】



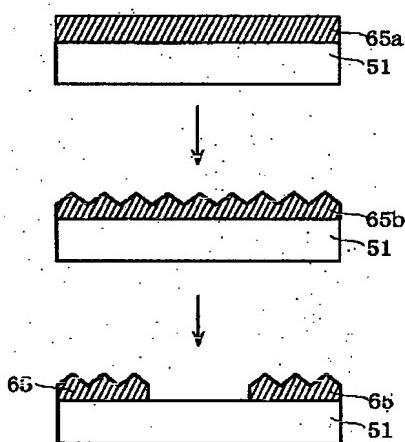
【図19】



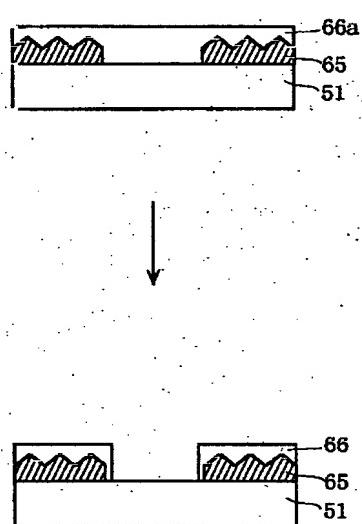
【図20】



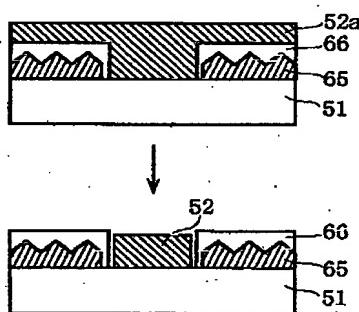
【図21】



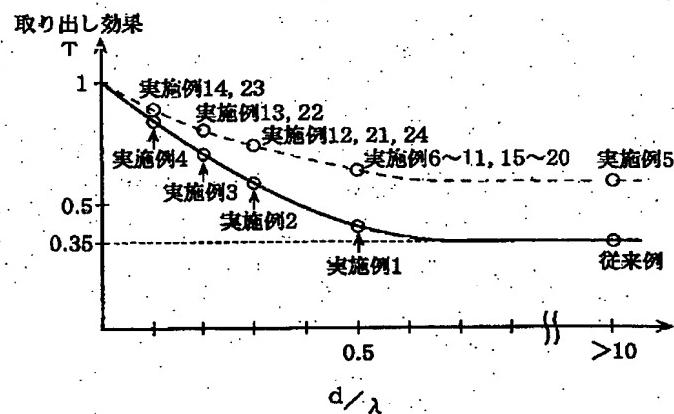
【図22】



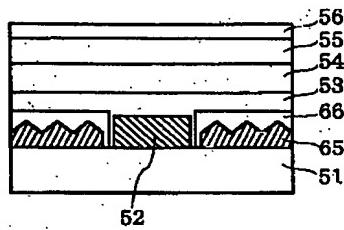
【図23】



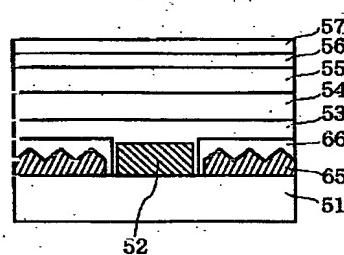
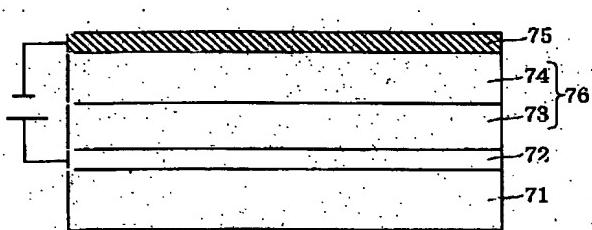
【図25】



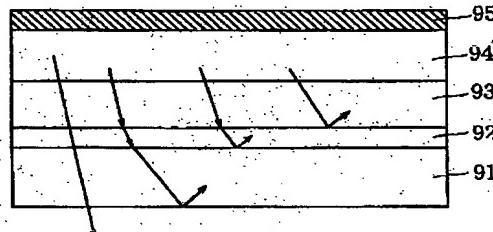
【図24】



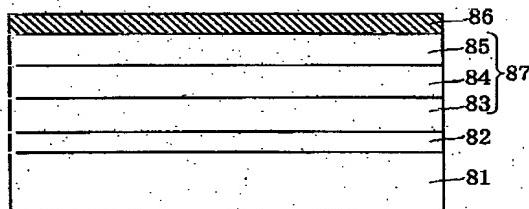
【図26】



【図28】



【図27】



フロントページの続き

(51) Int.C1.7
H05B 33/04
33/14
33/22
33/24
33/26

識別記号

F I
H05B 33/04
33/14
33/22
33/24
33/26

(参考)

A

Z

Z

(72) 発明者 松尾 三紀子
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
(72) 発明者 八田 真一郎
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(26) 月2003-36969 (P2003-36969A)

F ターム(参考) 3K007 AB02 AB03 AB17 AB18 BB06
CB01 CC01 CC03 CC04 DA01
DA05 DB02 EA04 EB00 FA01
5C094 AA06 AA10 AA43 AA48 BA27
DA13 DA14 EA04 EB04 ED11
ED13 ED20 FA01 FA02 FB01
FB02 FB12 FB15 FB20 GB10
JA01 JA08 JA13 JA20
5G435 AA02 AA03 AA08 AA17 BB05
EE21 FF03 FF06 HH03 HH12
KK05